

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)  
 Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»  
 Профиль «Надежность и долговечность газонефтепроводов и хранилищ»  
 Отделение нефтегазового дела

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы	
«Анализ способов обеспечения безопасной работы подводных переходов магистральных трубопроводов»	

УДК 622.692.4.053-049.5 (204.1)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Б	Демченко Е.В.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД ИШПР	Антропова Н.А.	к.г.-м.н, доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент ОСГН ШБИП	Макашева Ю.С.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент ООД ШБИП	Немцова О.А.			

Консультант-лингвист

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОИЯ ШБИП	Коротченко Т.В.	к.ф.н., доцент		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Бурков П.В.	д.т.н, профессор		21.05.2018

**РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ**  
по Основной образовательной программе подготовки магистров  
по направлению **21.04.01 «Нефтегазовое дело»**  
Профиль подготовки: *Надежность газонефтепроводов и хранилищ*

*Планируемые результаты обучения*

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
<b>В соответствии с универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями</b>		
<b>Общие по направлению подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело»</b>		
P1	Применять естественнонаучные, математические, гуманитарные, экономические, инженерные, технические и глубокие профессиональные знания в области современных нефтегазовых технологий для решения <i>прикладных междисциплинарных задач и инженерных проблем</i> , соответствующих профилю подготовки (в нефтегазовом секторе экономики)	ОК-1; ОК-2; ОК-3, ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-5; ОПК-6; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4; ПК-6; ПК-7; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-14; ПК-16; ПК-17; ПК-19; ПК-20; ПК-21; ПК-23
P2	Планировать и проводить аналитические и экспериментальные <i>исследования</i> с использованием новейших достижений науки и техники, уметь критически оценивать результаты и делать выводы, полученные в <i>сложных и неопределённых условиях</i> ; использовать <i>принципы изобретательства</i> , <i>правовые основы</i> —в области интеллектуальной собственности	ОК-1; ОК-2; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-6; ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-14; ПК-15; ПК-17; ПК-18; ПК-19; ПК-20; ПК-22; ПК-23
<i>в области производственно-технологической деятельности</i>		
P3	Проявлять профессиональную <i>осведомленность о передовых знаниях и открытиях</i> в области нефтегазовых технологий с учетом <i>передового отечественного и зарубежного опыта</i> ; использовать <i>инновационный подход</i> при разработке новых идей и методов <i>проектирования</i> объектов нефтегазового комплекса для решения инженерных задач развития нефтегазовых технологий, модернизации и усовершенствования нефтегазового производства.	ОК-1; ОК-2; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3; ОПК-6; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-11; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-18; ПК-20; ПК-21; ПК-22; ПК-23
P4	<i>Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные машины и механизмы</i> для реализации технологических процессов нефтегазовой области, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила <i>охраны здоровья и безопасности труда</i> , выполнять требования по <i>защите окружающей среды</i> .	ОК-2; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-3; ПК-6; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-14; ПК-16; ПК-17; ПК-18; ПК-19; ПК-21; ПК-22
<i>в области экспериментально-исследовательской деятельности</i>		
P5	Быстро ориентироваться и выбирать <i>оптимальные решения в многофакторных ситуациях</i> , владеть методами и средствами <i>математического моделирования</i> технологических процессов и объектов	ОК-2; ОК-3; ОПК-1; ОПК-2; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-17; ПК-20

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
<i>в области проектной деятельности</i>		
P6	Эффективно использовать любой имеющийся арсенал технических средств для максимального приближения к поставленным производственным целям при <i>разработке и реализации проектов</i> , проводить <i>экономический анализ затрат, маркетинговые исследования, рассчитывать экономическую эффективность</i>	ОК-2; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-3; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-16; ПК-17; ПК-18; ПК-19; ПК-20; ПК-21; ПК-22; ПК-23; (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-е)
<i>в области организационно-управленческой деятельности</i>		
P7	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя команды, умение формировать задания и оперативные планы всех видов деятельности, распределять обязанности членов команды, готовность нести ответственность за результаты работы	ОК-1; ОК-2; ОК-3; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-5; ОПК-6; ПК-6; ПК-11; ПК-12; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-23; (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-е)
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности; активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию и защищать результаты инженерной деятельности	ОК-1; ОК-2; ОК-3; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-5; ОПК-6; ПК-6; ПК-11; ПК-12; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-23; (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-е)
<b>Профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»</b>		
P9	Организация технологического сопровождения планирования и оптимизации потоков углеводородного сырья и режимов работы технологических объектов	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-6, ОПК-7, ПК-4, ПК-7, ПК-13), требования профессионального стандарта 19.008 Специалист по диспетчерско-технологическому управлению нефтегазовой отрасли
P10	Организация ТОиР, ДО нефте- и газотранспортного оборудования	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-5, ОПК-6, ПК-9, ПК-11), требования профессионального стандарта 19.013 " Специалист по эксплуатации газотранспортного оборудования"
P11	Повышение надежности, долговечности, эффективности газотранспортного оборудования	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-4, ОПК-5, ПК-9, ПК-14), требования профессионального стандарта 19.013 " Специалист по эксплуатации газотранспортного оборудования"

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)  
 Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»  
 Профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»  
 Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП ОНД ИШПР  
 \_\_\_\_\_ Бурков П.В.  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ6Б	Демченко Екатерине Владимировне

Тема работы:

«Анализ способов обеспечения безопасной работы подводных переходов магистральных трубопроводов»

Утверждена приказом директора (дата, номер) от 12.03.2018 г. №1624/с

Срок сдачи студентом выполненной работы: 28.05.2018 г.

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

Объект исследования: подводные переходы  
 магистральных нефте- и газопроводов

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Обзор литературных источников в области исследования подводных переходов стальных трубопроводов;</li> <li>– Выявление факторов, влияющих на надежность подводных трубопроводов; <ul style="list-style-type: none"> <li>– Исследование метода ННБ;</li> <li>– Исследование напряженно-деформированного состояние размытого участка трубопровода.</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Макашева Юлия Сергеевна, ассистент ОСГН ШБИП</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Немцова Ольга Александровна, ассистент ООД ШБИП</p>
<p>«Раздел выполненный на иностранном языке»</p>	<p>Коротченко Татьяна Валериевна, доцент ОИЯ ШБИП</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p>Реферат</p>	
<p>Общие сведения о подводных переходах магистральных трубопроводов</p>	
<p>Обзор зарубежных исследований</p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>01.02.2018 г</p>
--	---------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Антропова Наталья Алексеевна	к.г.г.-м.н., доцент		01.02.2018

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Б	Демченко Екатерина Владимировна		01.02.2018

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ6Б	Демченко Екатерине Владимировне

Институт	Природных ресурсов	Кафедра	ТХНГ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	21.04.01. Нефтегазовое дело Профиль «Надёжность газонефтепроводов и хранилищ»

### Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Государственные сметные нормативы. Федеральные единичные расценки на строительные и специальные строительные работы; Постановление Правительства РФ от 1 января 2002 года №1 «О классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы»
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	РД 153-39.4-113-01 Нормы технологического проектирования магистральных нефтепроводов; Государственные сметные нормативы. Федеральные единичные расценки на строительные и специальные строительные работы.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Ставка налога на прибыль 20 %; Страховые взносы 30%; Налог на добавленную стоимость 18%

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Расчет снижения эксплуатационных затрат при строительстве трубопровода методом ННБ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Линейный график выполнения работ
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет экономической эффективности прокладки подводного трубопровода методом ННБ

### Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. SWOT-анализ
2. Линейный календарный график выполнения работ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2018
--	------------

### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент ОСНГ ШБИП	Макашева Ю.С.			01.03.2018

### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Б	Демченко Екатерина Владимировна		01.03.2018

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ6Б	Демченко Екатерине Владимировне

Институт	ИПР	Кафедра	ТХНГ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	21.04.01 Нефтегазовое дело Профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Подводные переходы магистральных трубопроводов и факторы, влияющие на их надежность
--	---

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты;</li> <li>– (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>	<p>Выявленные вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей среды;</li> <li>– повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;</li> <li>– повышенный уровень шума на рабочем месте;</li> <li>– отсутствие или недостаток естественного света;</li> <li>– повреждения в результате контакта с животными и насекомыми;</li> <li>– физические и нервно-психические перегрузки.</li> </ul> <p>Выявленные опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– движущиеся машины и механизмы;</li> <li>– острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>– повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования и материалов;</li> <li>– повышенный уровень статического электричества;</li> <li>– пожаровзрывоопасность.</li> </ul>
<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> </ul>	<p>Неблагоприятное влияние на экологию в процессе строительства и эксплуатации подводных трубопроводов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– загрязнение атмосферного воздуха вследствие выбросов выхлопных газов и паров нефти;</li> <li>– загрязнение водных ресурсов и нанесение вреда рыбному хозяйству;</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– механическое нарушение почвенного покрова и грунтов;</li> <li>– образование и размещение отходов, образующихся при строительстве.</li> </ul>
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	<p>Возможные ЧС: аварийные разливы нефти и выбросы газа, взрывы, пожары, разрывы нефтепровода в процессе гидроиспытаний, транспортные аварии, затопление прибрежной территории, шквальные ветра, ливневые дожди, заморозки и др.</p>
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Нормы трудового законодательства, характерные при строительстве и эксплуатации объекта представлены в соответствии со СНиП 12-03-2001; Компоновка рабочей зоны: устройство подъездных дорог и переездов, мест отвалов грунта, хранения отходов, складирования материалов и пр.</p>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	<b>01.03.2018</b>
---	-------------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент ООД ШБИП	Немцова О.А.			01.03.2018

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Б	Демченко Екатерина Владимировна		01.03.2018



**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)  
 Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»  
 Профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»  
 Уровень образования магистр  
 Отделение нефтегазового дела  
 Период выполнения \_\_\_\_\_ (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

магистерская диссертация

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	21.05.2018 г
--	--------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.02.2018	<i>Основные факторы, влияющие на безопасность ППМТ</i>	10
01.03.2018	<i>Исследование способа ННБ</i>	15
01.04.2018	<i>Исследование напряженно-деформированного состояния размытых участков трубопровода</i>	20
15.04.2018	<i>Финансовый менеджмент</i>	10
01.05.2018	<i>Социальная ответственность</i>	10
10.05.2018	<i>Раздел на иностранном языке</i>	10
15.05.2018	<i>Заключение</i>	10
21.05.2018	<i>Презентация</i>	15

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Антропова Н.А.	к.г.-м.н, доцент		01.02.2018

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Бурков П.В.	д.т.н, профессор		01.02.2018

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 97 с., 11 рис., 11 табл., 52 источников, 1 прил.

**Ключевые слова:** подводный переход, магистральный трубопровод, надежность, безопасность, размыв грунта, авария

**Объектом исследования** являются подводные переходы магистральных нефте- и газопроводов.

**Цель работы** – анализ способов обеспечения надежной и долговечной работы подводных переходов магистральных трубопроводов

**В процессе исследования проводились:** расчет устойчивости трубопровода против всплытия, расчет величины изгиба размытого участка трубопровода, анализ зависимости величины изгиба размытого участка от толщины стенки и диаметра трубопровода. Рассмотрены причины аварий на ППМТ, факторы, на которых следует акцентировать внимание при проектировании ППМТ, способы прокладки подводных трубопроводов. Приведены мероприятия по охране труда и безопасности строительства, охране окружающей среды, технико-экономическая часть.

**В результате исследования** были выявлены основные причины аварий на подводных переходах и предложены способы предотвращения этих аварий.

**Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики:** в работе рассматриваются стальные нефте- и газопроводы, пересекающие водные преграды и проложенные ниже уровня дна (траншейным методом и методом ННБ)

**Область применения:** результаты проведенного исследования могут применяться при проектировании, строительстве и эксплуатации магистральных трубопроводов в качестве рекомендаций разработчикам и эксплуатирующим организациям, а также при изучении дисциплин, связанных

					Анализ способов обеспечения безопасной работы подводных переходов магистральных трубопроводов			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Демченко Е.В.			Реферат	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Антропова Н.А.					1	97
Консульт.						Отделение нефтегазового дела гр. 2БМ6Б		
Руковод.ООП		Бурков П.В.						

с процессами транспортировки нефти и газа.

**Экономическая эффективность/значимость работы:** в результате расчетов было выявлено, что строительство подводного перехода методом ННБ в 2 раза эффективнее траншейного метода с экономической точки зрения (с учетом отсутствия затрат на техническое обслуживание в течение срока эксплуатации).

**В будущем планируется:** анализ напряженно-деформированного состояния подводных трубопроводов с учетом сезонных изменений уровня воды в реке, разработка рекомендаций по повышению прочности и устойчивости морских трубопроводов.

					Реферат	Лист
						2
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## ABSTRACT

Graduation qualification work 97 p., 11 fig., 11 tables, 52 sources, 1 app.

**Key words:** underwater crossing, main pipeline, reliability, safety, accident.

**The subject of the study** are underwater transitions of main oil and gas pipelines.

**The purpose of the work** is to analyze the ways of ensuring reliable and durable operation of underwater transitions of main pipelines.

**In the course of the research, the following were carried out:** calculation of the stability of the pipeline against ascent, calculation of the changes in the bending of the diffuse section of the pipeline. The causes of accidents at the pipelines and the factors on which it is necessary to emphasize when designing the pipeline, the ways of laying submarine pipelines are considered. Measures are taken to protect labor and safety of construction, environmental protection, technical and economic part.

**As a result of the research** the main causes of accidents on underwater crossings were identified and the ways of their accidents were proposed.

**The main design, technological and technical and operational characteristics:** the work considers steel oil and gas pipelines crossing water barriers and laid below the bottom (trench methods and the directional drilling method)

**Scope:** the results of the research can be carried out in the design, construction and operation of main pipelines in accordance with technology and operating organizations, and in the study of disciplines associated with the processes of transporting oil and gas.

**Economic efficiency / significance of the work:** as a result of calculations it was revealed that the construction of an underwater crossing by the directional drilling method is 2 times more efficient than the trench method from the economic point of view.

					Анализ способов обеспечения безопасной работы подводных переходов магистральных трубопроводов			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Демченко Е.В.			Abstract	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Антропова Н.А.					3	97
Консульт.						Отделение нефтегазового дела гр. 2БМ6Б		
Руковод.ООП		Бурков П.В.						

## Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

### Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие нормативные документы:

1. ВСН 163-83 Учет деформаций речных русел и берегов водоемов в зоне подводных переходов магистральных трубопроводов (нефтегазопроводов).
2. ОТТ-16.01-60.30.00-КТН-002-1-05 Переходы магистральных нефтепроводов через водные преграды. общие технические требования к проектированию.
3. СТО ГУ ГГИ 08.29-2009 Учет руслового процесса на участках подводных переходов трубопроводов через реки
4. СП 108-34-97 Свод правил по сооружению магистральных газопроводов. Сооружение подводных переходов.
5. СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85.
6. СТО Газпром 2-2.1-249-2008. Магистральные газопроводы
7. СП 86.13330.2014 Магистральные трубопроводы.
8. ГОСТ 9544-75 Арматура трубопроводная запорная. Нормы герметичности затворов.
9. 13. РД 39-0147103-370-86. Нормы проектирования капитального ремонта ППМН. – Уфа: ВНИИСПТнефть, 1986

					Анализ способов обеспечения безопасной работы подводных переходов магистральных трубопроводов			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Демченко Е.В.			Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки		Лит.	Лист
Руковод.		Антропова Н.А.						Листов
Консульт.							4	97
Руковод.ОП		Бурков П.В.					Отделение нефтегазового дела гр. 2БМ6Б	

## Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

**подводный переход магистрального трубопровода:** участок линейной части магистрального трубопровода, пересекающий водную преграду и уложенный, как правило, с заглублением в дно водоема (реки, озера, канала, водохранилища и т.д.).

**длина подводного перехода:** определяется границами, которыми являются:

- для однопиточных переходов – участок, ограниченный урезами уровня высоких вод 10% обеспеченности,
- для переходов через горные реки – участок, ограниченный урезами уровня высоких вод 2% обеспеченности,
- для многониточных переходов – участки в пределах запорной арматуры, установленной на берегах.

**подводный (русловой) участок перехода:** участок, ограниченный урезами воды при среднегодовом межени уровне.

**береговые участки перехода:** участки, ограниченные с одной стороны урезом воды при среднегодовом межени уровне, с другой стороны - границами перехода в пределах его длины.

**среднегодовой межени уровень:** среднее арифметическое значение отметок меженных уровней водоема, полученных в результате многолетних наблюдений.

**уровень высоких вод по процентной обеспеченности:** максимальный уровень вод в паводок (половодье) в месте перехода, вероятность превышения которого возможна раз в 100 лет.

**прогнозируемый предельный профиль размыва русла:** линия, проведенная по наименьшим отметкам дна и берегов водоема, полученным в

					Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

результате прогнозируемых переформирований русла за период эксплуатации подводного перехода.

**величина заглубления подводного трубопровода:** толщина слоя грунта от верха балластных грузов или балластного покрытия трубопровода до поверхности дна водоема, устанавливаемая в соответствии с действующими нормами с учетом возможных деформаций русла и перспективных дноуглубительных работ.

**исправное состояние подводного перехода:** состояние подводного перехода, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и проектной документации.

**неисправное состояние подводного перехода:** состояние подводного перехода, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и проектной документации.

**предельное состояние подводного перехода:** состояние, определяемое нормативно-технической документацией, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна.

**работоспособное состояние подводного перехода:** состояние, при котором значение всех параметров, характеризующих способность непрерывного транспортирования продукта, соответствует требованиям нормативно-технической и проектной документации.

**безопасность подводного перехода:** состояние, при котором он не вызывает ситуаций, опасных для людей и окружающей среды.

**повреждение подводного перехода:** нарушение исправного состояния перехода при сохранении его работоспособного состояния.

**провисающий участок подводного трубопровода:** оголенный участок трубопровода, имеющий просвет между нижней образующей и дном водоема.

**величина провисания:** расстояние от поверхности дна водоема до нижней образующей трубопровода.

**критическая длина провисающего участка подводного трубопровода:** предельно допустимая длина провисающего участка, при

					Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

которой еще не могут возникнуть резонансные колебания трубопровода или при которой действующие напряжения еще не превышают расчетное сопротивление материала трубы.

**осмотр перехода:** визуальный контроль и оценка состояния береговых участков перехода.

**приборное обследование подводного перехода:** контроль технического состояния перехода и его составляющих с применением технических средств измерения и наблюдения.

**водолазное обследование подводного перехода:** проводимый водолазами визуальный и приборный контроль состояния подводных трубопроводов.

**техническое обслуживание подводного перехода:** комплекс работ по поддержанию исправного и работоспособного состояния при эксплуатации перехода.

### Обозначения

ГВВ – горизонт высоких вод;

МТ – магистральный трубопровод;

ННБ – наклонно-направленное бурение;

ППМТ – подводный переход магистрального трубопровода;

РД – руководящий документ;

СИЗ – средства индивидуальной защиты;

ССБТ – система стандартов безопасности труда;

ЧС – чрезвычайная ситуация;

ЭХЗ – электрохимическая защита.

					Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



## Оглавление

Введение.....	10
1 Обзор литературы .....	12
2 Объект и методы исследования .....	14
3 Обеспечение безопасности подводных переходов магистральных трубопроводов на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации .....	15
3.1 Проектирование подводных переходов.....	15
3.2 Строительство подводных переходов траншейным методом.....	27
3.3 Эксплуатация подводных переходов .....	32
4 Обеспечение безопасности подводных переходов при прокладке методом ННБ .....	39
5 Анализ напряженно-деформированного состояния размытого участка трубопровода .....	43
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	51
6.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	51
6.2 Планирование управления научно-техническим проектом .....	56
6.3 Сметная стоимость выполнения работ .....	58
6.4 Обоснование экономической эффективности метода наклонно-направленного бурения .....	64
7 Социальная ответственность .....	66
1 Производственная безопасность .....	67
7.2 Экологическая безопасность.....	73
7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	76
7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	78

					Анализ способов обеспечения безопасной работы подводных переходов магистральных трубопроводов			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Демченко Е.В.			Оглавление			
Руковод.		Антропова Н.А.						
Консульт.								
Руковод.ООП		Бурков П.В.						
						Лит.	Лист	Листов
							8	
						Отделение нефтегазового дела гр. 2БМ6Б		

Закключение ..... 80

Список публикаций..... 82

Список используемых источников..... 83

Приложение А ..... 88

## Введение

На сегодняшний день актуальность проблемы обеспечения безопасной и безаварийной работы подводных переходов нефтегазопроводов обусловлена, прежде всего, большим количеством водных преград, пересекаемых магистральными трубопроводами. К примеру, газопровод «Сила Сибири» на участке Чаянда-Ленск (км 0 – 208) пересекает более 45 водных преград с различным характером течения, шириной, глубиной и скоростью эрозии. Кроме того, необходимость тщательного анализа факторов, влияющих на надежность подводных участков трубопроводов, обусловлена сложностью проектирования, строительства и ремонта, а также ущербом, наносимым окружающей среде вследствие аварий и утечек транспортируемого продукта. Помимо этого участки подводных переходов в значительной степени подвержены механическим повреждениям от гидродинамического воздействия потока, ледохода, а также якорей судов и плотов.

Исходя из этого, целью данной работы является исследования причин и факторов, приводящих к возникновению аварийных ситуаций на подводных переходах магистральных трубопроводов, а также поиск оптимальных способов их решения.

Задачи исследования:

- анализ основных проблем и ошибок, допускаемых на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации трубопровода и поиск способов их решения;
- исследование способа прокладки подводных трубопроводов методом наклонно-направленного бурения (ННБ);
- анализ напряженно-деформированного состояния участка подводного трубопровода с размытым грунтом.

					Анализ способов обеспечения безопасной работы подводных переходов магистральных трубопроводов			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Демченко Е.В.			Введение	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Антропова Н.А.					10	97
Консульт.						Отделение нефтегазового дела гр. 2БМ6Б		
Руковод. ООП		Бурков П.В.						

Результаты данной работы могут быть использованы в качестве рекомендаций для проектных и эксплуатирующих организаций, а также при изучении дисциплин, связанных с транспортировкой нефти и газа и эксплуатацией магистральных нефтегазопроводов.

					Введение	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 1 Обзор литературы

Вопрос надежности подводных переходов магистральных трубопроводов на протяжении долгого времени является актуальным для ученых, занимающихся исследованиями в сфере трубопроводного транспорта.

Основные принципы формирования качества в процессе проектирования и строительства подводных переходов широко представлены в работах Бородавкина П.П. [1, 2, 3], Забелы К.А. [4], Харионовского В.В. [5] и пр.

В работах Березина Л.В., Кима Б.И. и Зоненко В.И. [6,7] представлен анализ причин отказов линейной части трубопроводов, а также обзор методов прогнозирования наступления момента отказа, объема аварийных утечек транспортируемых продуктов, характера разрушения труб и пр. Помимо этого рассматриваются методы обработки статической информации по данным эксплуатации нефтегазопроводов.

Харионовский В.В. рассматривает подходы в сооружении трубопроводов в наиболее сложных условиях (подводные переходы, пересечения болот и пр.). Исследуются концепции и методы расчета газопроводов, а также вопросы диагностики и определения работоспособности дефектных участков трубопроводов; предложены технические решения и методики по повышению степени надежности газопроводов.

Описание характера деформаций русла рек представлено в работах [9,10].

Помимо литературных источников в процессе написания диссертации были изучены основные нормативные документы, регламентирующие процессы строительства и эксплуатации подводных участков трубопроводов. Основные требования к проектной и строительной деятельности, связанной с подводными переходами магистральных трубопроводов, приведены в таких

					Анализ способов обеспечения безопасной работы подводных переходов магистральных трубопроводов				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					
Разраб.		Демченко Е.В.			Обзор литературы	Лит.	Лист	Листов	
Руковод.		Антропова Н.А.					12	97	
Консульт.						Отделение нефтегазового дела гр. 2БМ6Б			
Руковод.ООП		Бурков П.В.							

документах как ВСН 010-88 [11], ВСН 163-83 [12], СТО ГУ ГГИ 08.29-2009 [13], ОТТ-16.01-60.30.00-КТН-002-1-05 [14], СП 108-34-97 [15], СП 36.13330.2012 [16], СТО Газпром 2-2.1-249-2008 [17], СП 86.13330.2014 [18] и пр.

Исследование напряженно-деформированного состояния размытых участков трубопровода рассмотрено в работах Шаммазова А.М., Зарипова Р.М., Чичелова В.А., Коробкова Г.Е. [19,20].

Также в ходе работы были использованы электронные ресурсы, например сайт АО «Транснефть – Диаскан», сайт подводно-технической фирмы «Возрождение», электронные базы данных Scopus и ScienceDirect и пр.

Таким образом, по результатам ознакомления с вышеперечисленными источниками, были сформулированы основные проблемы, возникающие в процессе строительства и эксплуатации трубопроводов, и предложены пути их решения.

					Обзор литературы	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 2 Объект и методы исследования

Объектом исследования являются подводные переходы магистральных нефтегазопроводов, а также их аварийные участки.

Данные для исследования были получены в процессе изучения нормативной документации, регулирующей деятельность по строительству и эксплуатации магистральных трубопроводов и другой литературы, содержащей сведения о подводных переходах магистральных трубопроводов (см. Обзор литературы). Данные для проведения расчетов были смоделированы на основе существующих трубопроводов.

Задачами исследования стало выявление основных факторов, влияющих на безопасность подводных переходов магистральных трубопроводов, и поиск способов предотвращения возникновения аварий.

В процессе написания диссертации можно выделить следующие методы исследования:

- Обзор нормативной и проектной документации, связанной с проектирование, строительством и эксплуатацией подводных трубопроводов;
- Описание характеристик объектов и разрушений;
- Проведение расчетов и измерений.
- Моделирование объекта исследования (трубопровода) с помощью программного обеспечения (MathCAD);
- Анализ полученных результатов.

					Анализ способов обеспечения безопасной работы подводных переходов магистральных трубопроводов			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Демченко Е.В.			Объект и методы исследования	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Антропова Н.А.					14	97
Консульт.						Отделение нефтегазового дела гр. 2БМ6Б		
Руковод. ООП		Бурков П.В.						

### 3 Обеспечение безопасности подводных переходов магистральных трубопроводов на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации

#### 3.1 Проектирование подводных переходов

Процесс проектирования подводных переходов магистральных трубопроводов включает в себя решение следующих задач:

- Выбор наиболее оптимального створа и профиля подводного перехода трубопровода в зависимости от величины и характера деформаций русла реки;
- Выбор наиболее рациональной конструкции перехода, отвечающей требованиям надежности и безопасности;
- Установление оптимальных сроков производства работ и затрат на строительство;
- Выбор механизмов для производства работ (под водой и на берегу), а также технологий выполнения строительных работ (земляных, берегоукрепительных и пр.);
- Определение участков складирования разработанного грунта, а также условий его хранения и транспортировки;
- Определение мест размещения строительных площадок, подъездных дорог и переездов, временных городков строителей и др. сооружений;
- Обеспечение экологической безопасности в процессе производства работ, соблюдение мер защиты водной среды от загрязнений и гидрофауны в период разработки подводных траншей.

##### 3.1.1 Выбор створа подводного перехода

Выбор створа перехода трубопровода через водную преграду – одна из наиболее ответственных задач в процессе проектирования. Неверно выбранный створ перехода может привести к преждевременному размыву грунта вокруг

					Анализ способов обеспечения безопасной работы подводных переходов магистральных трубопроводов			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Демченко Е.В.			Обеспечение безопасности подводных переходов магистральных трубопроводов на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Антропова Н.А.					15	97
Консульт.						Отделение нефтегазового дела гр. 2БМ6Б		
Руковод.ООП		Бурков П.В.						



труб, образованию оголенных участков и последующему выходу трубопровода из проектного положения.

Подводные переходы магистральных трубопроводов через реки относятся к категории пассивных гидротехнических сооружений, которые не предназначены и не способны влиять на ход развития руслового процесса, при этом они сами подвержены влиянию русловых деформаций и требуют учета характера, темпов, интенсивности и возможного диапазона плановых и глубинных деформаций в течение всего периода их эксплуатации.

Русловые и береговые деформации происходят по причине того, что скорость течения воды в реке неравномерна как в продольном, так и в поперечном сечениях реки. Это приводит к тому, что в тех местах, где скорость течения выше размывающей скорости, происходят размывы дна и берегов; а в местах, где скорость течения ниже минимальной размывающей, откладываются донные наносы (песок, галька и глинистые частицы), и происходят намывы дна и берегов.

Согласно гидроморфологической теории руслового процесса, все русловые формы рек могут быть отнесены к одному из достаточно изученных типов, каждый из которых имеет четкие количественные определители, позволяющие определить направление и характер плановых и высотных изменений русла и берегов (рисунок 1) [10].

					Обеспечение безопасности подводных переходов магистральных трубопроводов на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

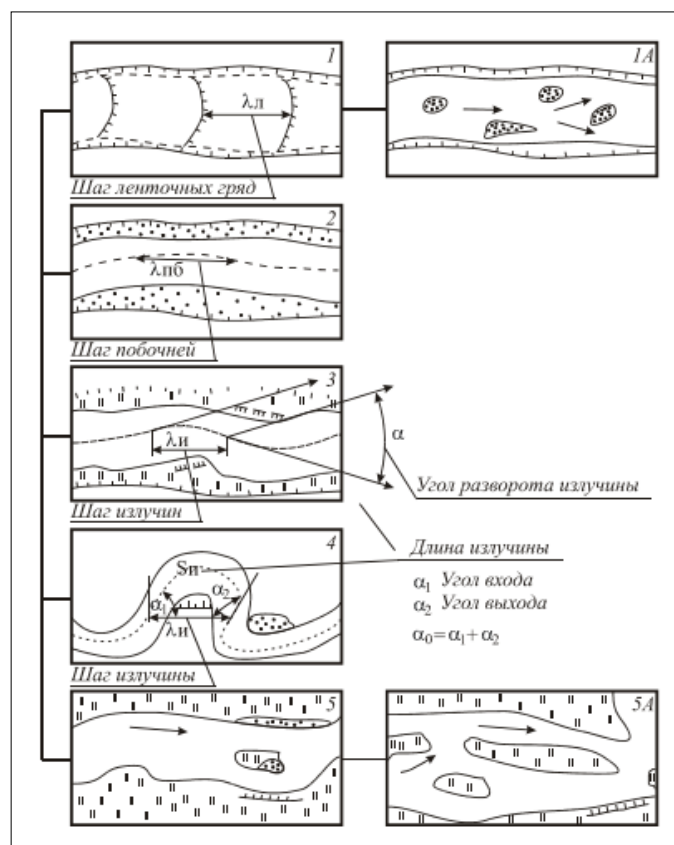


Рисунок 1 – Типы русловых процессов и их основные измерители:

- 1 – ленточногрядовой тип; 1А – русловая многорукавность;
- 2 – побочневый тип; 3 – ограниченное меандрирование;
- 4 – свободное меандрирование; 5 – незавершенное меандрирование;
- 5А – пойменная многорукавность.

В зависимости от типа руслового процесса, выбор створа подводного перехода должен осуществляться следующим образом:

- Ленточногрядовой и побочневый типы русла – на плесовых участках, в нижней части плесов и побочней, глубина заложения при этом может быть минимальной;
- Осередковый тип – в местах наиболее глубоких плесов, низовых участков сползающих островов;
- Ограниченное и свободное меандрирование (для пологих излучин) – на плесовых участках ниже вершины излучины;

– Свободное меандрирование (для хорошо развитых излучин с углом разворота более 120°) – вблизи точек перегиба ниже или выше (между плесом и перекатом);

– Незавершенное меандрирование с развивающимся спрямляющим протоком – на отмирающей излучине без пересечения спрямляющего протока.

Основанием для выбора места подводного перехода являются анализ съемок прежних лет, данные инженерных изысканий, данные об условиях судоходства, лесосплава и других работ, проводимых в районе строительства перехода [16].

При выборе створа подводного перехода магистрального трубопровода должны соблюдаться следующие условия, согласно ВСН 163-83 [12]:

– Переход должен располагаться на прямолинейных или слабоизогнутых участках рек с пологими неразмываемыми берегами, при этом ширина поймы должна быть минимальна;

– Реку следует пересекать под углом, близким к 90°;

– В случае пересечения трубопроводом широких пойм, следует выбирать участки с минимальным числом озер, стариц, болотистых участков, не допуская при этом крутых поворотов трассы;

– Поймы рек, которые подлежат затоплению после возведения плотин, рекомендуется пересекать по прямой линии без каких-либо углов поворота;

– Следует избегать пересечений трассы трубопровода с участками многорукавных русел рек, а также излучин, имеющих спрямляющие потоки;

– В нижних бьефах гидроузлов переход следует размещать за пределами зоны активного однонаправленного размыва русла в удалении от подходных каналов к шлюзам;

– Подводный переход должен располагаться в местах наименьшего влияния сооружений I и II категорий;

– Подводный переход следует предусматривать ниже по течению от мостов, промышленных предприятий, речных вокзалов и пристаней, различных гидросооружений и прочих аналогичных объектов, а также зон нерестилищ и

					Обеспечение безопасности подводных переходов магистральных трубопроводов на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

участков массового скопления рыб (допустимо располагать створ перехода выше по течению при наличии технико-экономического обоснования);

– Необходимо избегать места возможного образования ледяных заторов и зажоров, берегов с интенсивными склоновыми эрозионными процессами, участки с распространенными оползневыми и карстовыми явлениями.

Выбор участка подводного перехода определяется в два этапа. На первом этапе определяют предварительный вариант участка подводного перехода на основании имеющихся картографических, аэрофотосъемочных и топографо-геодезических планов участков водных преград, а также сведений о гидрологических, геологических и метеорологических условиях района перехода. На втором этапе выбираются участки переходов для проведения детальных изысканий и проектирования.

Окончательный выбор местоположения створа подводного перехода осуществляет специальная комиссия, в состав которой входят государственные органы по охране природы и рыбных запасов, с участием организаций, выполняющих инженерные изыскания, проектирование и строительство трубопровода, а также специалистов, занимающихся прогнозированием русловых деформаций [10].

### **3.1.2 Учет деформации берегов и берегоукрепление**

Прогноз переформирования берега составляется на основании следующих данных:

- Профиль берегового склона в расчетном створе и сведения о его геологическом строении;
- Сведения о расположении расчетного створа на плане водохранилища;
- Сведения о ветровом режиме рассматриваемого района;
- Профили дна водохранилища, ориентированные по четырем наветренным румбам и проходящие через расчетную точку береговой зоны.

Створы подводных переходов рекомендуется размещать на тех участках водоемов, которые характеризуются:

- Возможно меньшей шириной водоема при среднем уровне;

					Обеспечение безопасности подводных переходов магистральных трубопроводов на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Плавным подводным и надводным рельефом;
- Отсутствием просадочных, оползневых и прочих неблагоприятных явлений на береговых склонах;
- Наименьшими прогнозируемыми деформациями склонов берегов (надводного и подводного);
- Минимальными вдольбереговыми перемещениями наносов;
- Преобладанием пород, доступных для разработки траншеи без предварительного рыхления взрывами;
- Наличием глубин, доступных для разработки подводной траншеи имеющимися техническими средствами, а также удобных подъездов к водоему и площадок для производства монтажных работ;
- Достаточной удаленностью от действующих и проектируемых гидротехнических сооружений и зданий.

В том случае, если береговые склоны имеют большую крутизну (20 – 70° и более) и высоту порядка нескольких десятков или даже сотен метров, а на трассе перехода имеется залив, балка или овраг, то створ перехода трубопровода целесообразно назначать по направлению от устья залива вдоль одного из его берегов, по тальвегу балки или оврага, а далее от водоема - по одному из склонов (оврага или балки) до его бровки. В пределах склона оврага или балки при этом предусматривают противоэрозионную защиту трубопровода.

Процесс переформирования берегов водохранилищ, сложенных размываемыми породами, происходит следующим образом (рисунок 2). Первоначальный подтопленный склон теряет устойчивость и разрушается под действием ветрового волнения. Из материала разрушения формируется пологая, постепенно расширяющаяся береговая отмель, в границах которой происходит частичное рассеяние волновой энергии. Когда отмель достигает предельной ширины  $B_0$ , достаточной для поглощения всей волновой энергии, способной разрушать береговой откос, то переформирование берега завершается [12].

					Обеспечение безопасности подводных переходов магистральных трубопроводов на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

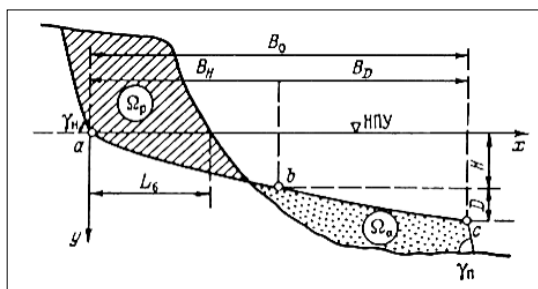


Рисунок 2 – Схема переформирования берега

$\Omega_p$  – объем разрушения,  $\Omega_a$  – объем аккумуляции,  $ab$  – криволинейная часть профиля береговой отмели шириной  $B_H$ ,  $bc$  – прямолинейная часть профиля береговой отмели шириной  $B_D$ ,  $B_0$  – ширина береговой отмели,  $H$  – глубина размывающего действия волны при НПУ,  $D$  – сработка уровня воды водохранилища,  $\gamma_H$  – угол наклона надводного склона берега,  $\gamma_n$  – угол наклона внешнего склона береговой отмели,  $L_б$  – значения смещения линии берега.

Защита от размывов берегов рек в створах подводных переходов представляет собой сложную инженерно-техническую задачу, решение которой в существенной мере повышает эксплуатационную надежность подводных трубопроводов.

Для закрепления берегов принято использовать специальные берегоукрепительные сооружения. При этом берегоукрепление должно учитывать очертания берега в плане и по вертикали, а также гидрологический и геологический характеры участка (течение, физико-механические характеристики грунтов и пр.). Конструкция берегоукрепления выбирается в зависимости от скорости течения реки, действия ледяного покрова, периода строительства и используемых строительных материалов с учетом наиболее полной механизации строительных работ.

Обычно за основу берегоукрепительных сооружений принимается пассивная защита берегов (каменная наброска, укладка бетонных плит, посев трав и кустарников, устройство вертикальных стенок из шпунта, железобетонных свай и свай оболочек и пр.). Берегоукрепительные сооружения активной защиты (стенки берегоукрепления, буны, траверсы,

					Обеспечение безопасности подводных переходов магистральных трубопроводов на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

подводные волноломы) целесообразно возводить на открытых водоемах с высотой волн 2 метра и более.

Укрепление размываемого берега необходимо производить по обе стороны до мест, не подверженных такому размыву с учетом значений размывающих скоростей для грунтов. Границы берегоукрепления в районе перехода назначаются на основании процессов формирования русла, его размываемости и прогноза деформации на весь период эксплуатации подводного перехода [10].

На вогнутых берегах излучин меандрирующих рек, как правило, не следует предусматривать капитального берегоукрепления с целью предотвращения (или замедления темпов) естественных плановых деформаций русла.

Также одним из факторов, приводящих к размыву грунта и оголению трубопровода, является нарушение естественного состояния грунта при сооружении траншеи, в процессе рытья которой грунт перерабатывается, разрыхляется, разрушаются его структурные и органические связи. В результате этого после засыпки труб рыхлый грунт в течение первых двух-трех лет после окончания строительства осыпается и уносится течением. При этом становится неэффективным закрепление откоса железобетонными плитами, так как неуплотненный грунт при двух-трех поднятиях воды в паводок выталкивается, что приводит к обрушению плит. Решением этой проблемы может стать укладка труб по схеме, изображенной на рисунке 3. Данный вариант подразумевает укладку труб под углом, равным  $(0,5 - 0,6)\varphi$ , где  $\varphi$  – угол внутреннего трения разрыхленного грунта, определяемый в процессы изысканий. При этом грунт в процессе обратной засыпки также рекомендуется засыпать не на полную высоту, а под углом  $\varphi$  и досыпать после одного-двух лет эксплуатации [3].

					Обеспечение безопасности подводных переходов магистральных трубопроводов на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

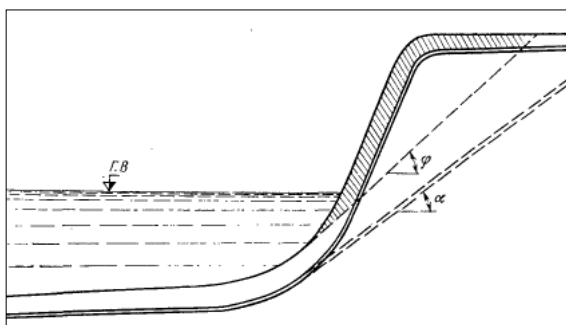


Рисунок 3 – Схема укладки трубопровода

### 3.1.3 Расчет устойчивости трубопровода против всплытия

Для того, чтобы в процессе эксплуатации трубопровод сохранял свое проектное положение, используют специальные пригруза или анкеры. Ниже приведен пример расчета количества пригрузов и анкеров, необходимого для обеспечения устойчивости нефтепровода.

Исходные данные:

■

– длина трубопровода

■

– наружный диаметр

■

– радиус кривизны рельефа дна траншеи

■

– толщина изоляции

■

– толщина футеровки

*Расчет необходимого количества пригрузов*

1. Наружный диаметр трубопровода с учетом изоляционного покрытия и футеровки:

■;

(3.1)

■ м.

2. Расчетная выталкивающая сила воды:

■,

(3.2)

где  $\rho_v$  – плотность воды с учетом содержания солей и механических примесей, принимаем равной ■.

■ Н/м.



[REDACTED]

114

где  $k_q$  – постоянный коэффициент, для выпуклых кривых  $\frac{d^2\sigma}{d\sigma^2} > 0$ , для вогнутых  $\frac{d^2\sigma}{d\sigma^2} < 0$ .

•  
;

Толщину стенки принимаем равной  $\delta$ , тогда:

$\mathbf{M}^4$ ;

© 2006 The Authors  
Journal compilation © 2006 Blackwell Publishing Ltd

где  $n_{\delta}$  – коэффициент надежности по нагрузке, принимаемый равным: для железобетонных грузов – 1,1, для чугунных – 1,2;

$k_{\text{нв}}$  – коэффициент надежности устойчивости против всплытия,  $\frac{\text{Нв}}{\text{Нв}_{\text{н}}}$ ;  $\frac{\text{Нв}}{\text{Нв}_{\text{н}}}$

$q_{тр}$  – расчетная нагрузка от одного п.м. трубы, заполненной продуктом, если в процессе эксплуатации невозможно ее опорожнение и замещение продукта воздухом.

\_\_\_\_\_

где  $q_m$  – нагрузка от собственного веса металла трубы,

\_\_\_\_\_

где  $n_{cm}$  – коэффициент надежности по нагрузкам от действия собственного веса, равный  $1,1$ , а при расчете на продольную устойчивость и устойчивость положения равный  $1,2$ ,

██████████

принимаем равной 10% от  $q_M$ ;

██████████

11

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

© 2005 Blackwell Publishing Ltd

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

114

■■■■■■■■■■

11

114

### Расчет необходимого количества анкеров

И

9. Коэффициент условий работы винтовых анкеров:

$$\frac{[F]}{[F]_{\text{н}}} \leq 1, \quad (3.11)$$

$$\frac{[F]}{[F]_{\text{н}}} \leq 1.$$

10. Площадь лопастей винтового анкера:

$$F_{\text{л}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{л}}^2 \cdot n}{4}, \quad (3.12)$$

$$F_{\text{л}} \text{ м}^2.$$

11. Расчетная несущая способность анкера определяется по формуле:

$$R_{\text{анк}} = m_{\text{в}} \cdot K_{\text{н}} \cdot C_{\text{гр}} \cdot \gamma_{\text{гр}} \cdot h_{\text{а}} \cdot A, \quad (3.13)$$

где  $m_{\text{в}}$  – коэффициент условий работы анкера при выдергивающей нагрузке, при заданных условиях  $m_{\text{в}} = 1$ ;

$K_{\text{н}}$  – коэффициент надежности анкера,  $K_{\text{н}} = 1$ ;

$C_{\text{гр}}$  – коэффициент сцепления грунта, принимаем  $C_{\text{гр}} = 1$ ;

$\gamma_{\text{гр}}$  – средневзвешенный удельный вес грунтов, залегающих от дна траншеи до отметки заложения лопастей анкера, принимаем  $\gamma_{\text{гр}} = 18$ ;

$h_{\text{а}}$  – глубина заложения лопастей от дна траншеи, принимаем  $h_{\text{а}} = 1$ ;

$A, B$  – числовые коэффициенты, величина которых зависит от угла внутреннего трения грунта, принимаем  $A = 1$ , следовательно  $B = 1$ .

$$R_{\text{анк}} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 18 \cdot 1 \cdot 1 = 18 \text{ кН}.$$

12. Так как в данном случае  $z_{\text{анк}} = 2$ , то расчетная несущая способность анкерного устройства определяется по формуле:

$$R_{\text{анк}} = R_{\text{анк}} \cdot z_{\text{анк}}^2, \quad (3.14)$$

$$R_{\text{анк}} = 18 \cdot 2^2 = 72 \text{ кН}.$$

13. Расстояние между анкерными устройствами:

$$L_{\text{анк}} = \frac{R_{\text{анк}}}{q_{\text{анк}}}, \quad (3.15)$$

© 2006 The Authors  
Journal compilation © 2006 Blackwell Publishing Ltd

•  
;

\_\_\_\_\_

### 3.2 Строительство подводных переходов траншейным методом

Выбор метода прокладки подводного перехода магистрального трубопровода зависит от условий прохождения трассы трубопровода, характера водной преграды, а также требований, предъявляемых к переходу. На сегодняшний день существуют следующие способы прокладки подводных трубопроводов:

- траншейный метод;
- бестраншейные методы;
- прокладка по дну водоема;
- в толще воды (на опорах, поплавках, либо самонесущий).

Для строительства магистральных трубопроводов в основном применяются первые два метода, при которых трубопровод находится ниже дна водоема. Прокладка трубопроводов по дну водоема и над поверхностью дна допускается при пересечении водных преград с нестабильной поверхностью дна или берегов, а также для устройства временных трубопроводов, при условии обеспечения надежной защиты от контактов с судами, якорями и прочих сторонних воздействий.

Траншейный способ прокладки подводных трубопроводов  
рекомендуется при пересечении равнинных рек всех типов руслового процесса.

В настоящее время траншейный метод сооружения подводных переходов является наиболее распространенным методом сооружения подводных переходов.

Земляные работы под водой выполняются с помощью специальной землеройной техники (грунтососы, гидромониторы, земснаряды и пр.). На мелких водоемах глубиной до 3 метров подводные траншеи разрабатываются с помощью установленного на понтоне экскаватора.

В зависимости от принципа силового воздействия на грунтовой массив, оборудование для подводной разработки грунта подразделяется на три вида:

- механическое оборудование (многочерпаковые, грейферные и штанговые снаряды, канатно-скреперные установки, экскаваторы, скалодробильные и скалоуборочные машины и пр.);
- гидравлическое оборудование (гидромониторные снаряды, землесосные установки, пневматические и гидроэжекторные грунтососы);
- комбинированное оборудование (гидропневматические установки, скреперы-пульпометы, скреперы-землесосы, гидроэжекторные, землесосные и пневматические установки с разрыхлителями).

Выбор технических средств и способов разработки подводного грунта зависит от свойств и объема грунта, сроков производства, наличия землеройной техники, скорости течения, глубины разработки и условий удаления грунта из траншеи.

В том случае, если скорости потока реки превышают неразмывающие, при проектировании подводного перехода трубопровода необходимо учитывать заносимость подводной траншеи за счет отложения донных наносов. Это позволит решить следующие задачи: определить объем наносов, который поступит в траншею за время ее разработки; определить проектную ширину подводной траншеи с учетом расчетного запаса на заносимость; определить возможность укладки трубопровода методом протаскивания; определить минимальную производительность земснаряда исходя из условий заносимости.

					<i>Обеспечение безопасности подводных переходов магистральных трубопроводов на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации</i>	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Расчеты заносимости траншеи в период строительства следует выполнять на основании измерений параметров потока (глубина, уровень, скорость течения) непосредственно перед началом или в период разработки траншеи. При этом значение расчетного запаса на заносимость следует определять для наиболее неблагоприятного участка траншеи, на котором расход наносов имеет максимальное значение, а глубина траншеи - минимальное. В отдельных случаях допускается расчет этих параметров на основании краткосрочного гидрологического прогноза, охватывающего период работы на подводном переходе[12].

Величина заглубления устанавливается в зависимости от прогнозируемых деформаций русла: проектная отметка верха забалластированного трубопровода должна назначаться не менее, чем на 0,5 м ниже прогнозируемого предельного профиля размыва русла реки, с учетом возможных деформаций русла в течение 25 лет после окончания строительства перехода, но не менее 1 м от естественных отметок дна водоема. В случае, если дно водоема сложено скальными неразмываемыми породами, допускается укладывать трубопровод на глубину не менее 0,5 м от дна водоема.

Перед укладкой в траншею осуществляется сварка секций труб, изоляция сварных стыков, футеровка и балластировка трубопровода в соответствии со СП 86.13330.2014 [18].

Укладка трубопровода в подводную траншею может осуществляться тремя способами:

- протаскивание по дну;
- погружение трубопровода полной длины с поверхности воды;
- укладка с плавучих средств и опор с последовательным наращиванием секций трубопровода.

Укладка подводных трубопроводов не допускается во время паводка, весеннего ледохода и осеннего ледостава. В период осеннего ледостава допускается укладка подводных трубопроводов через небольшие водные преграды шириной до 200 м при скоростях течения воды не более 0,5 м/с.

					Обеспечение безопасности подводных переходов магистральных трубопроводов на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Трубопроводы, уложенные в траншеи, засыпаются грунтом до проектных отметок, назначаемых с учетом предохранения трубопроводов от всякого рода механических воздействий для создания таких русловых условий, которые предшествовали строительству подводного перехода. Уложенный на дно траншеи и испытанный трубопровод перед засыпкой должен быть осмотрен водолазом. В процессе водолазного обследования устанавливаются: местные подмывы, провисания и сдвиги трубопровода от оси трассы, а также его отклонения от проектных отметок; нарушения антикоррозийной изоляции и футеровки; правильность положения балластных грузов на трубопроводе. В местах обнаруженных дефектов устанавливаются буйки и принимаются меры по ликвидации этих дефектов. В тех местах, где трубопровод неплотно прилегает к грунту, делается его подбивка песком или гравием, как правило, при помощи гидромонитора, так, чтобы все пустоты под трубопроводом были полностью заполнены. Засыпать трубопроводы разрешается после устранения всех дефектов и проверки соответствия отметок верха трубопровода проектным (превышение фактических отметок трубопровода не должно быть больше 10 см).

Толщина слоя грунта над трубопроводом должна быть не менее проектной или превышать проектную не более чем на 20 см. Засыпка траншей может производиться плавучими земснарядами, гидромониторными установками, а в случае отсутствия подводных резервов грунта – с шаланд, барж-площадок. Если разработка подводной траншеи выполнялась экскаватором, установленным на понтоне, то и засыпка может выполняться этим же механизмом. В зимнее время при достаточной прочности льда доставка грунта с берега к месту засыпки может производиться автотранспортом.

В качестве недостатков траншейного метода можно выделить большой объем подводно-технических работ, в результате которых оказывается неблагоприятное воздействие на грунтовую толщу и водоем, что приводит к значительному экологическому ущербу.

					Обеспечение безопасности подводных переходов магистральных трубопроводов на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 3.2.1 Пример проектно-технологического расчета по определению возможности укладки трубопровода методом протаскивания с учетом заносимости траншеи

Исходные данные для расчета:

■	— средняя скорость течения на стрежне потока
■	— глубина реки
■	— крупность донных наносов
■	— глубина траншеи
■	— расстояние от подошвы верхового откоса до осевого створа траншеи (по промерам эхолота)
■	— расчетная продолжительность протаскивания трубопровода

1. Определение расчетной интенсивности отложения наносов в траншее:

$$\text{■} \quad (3.17)$$

2. Определение технологического параметра заносимости траншеи при укладке:

$$\text{■} \quad (3.18)$$

3. Допустимое значение параметра заносимости траншеи для ■:

$$\text{■}$$

Так как рассчитанное значение параметра заносимости траншеи превышает допустимое, то протаскивание трубопровода в данных условиях недопустимо, так как в процессе укладки возможно частичное занесение трубопровода, что в свою очередь приведет к резкому увеличению тяговых усилий.

4. Определение допустимой интенсивности отложения наносов в траншее, при которой будет возможна укладка трубопровода методом протаскивания:

$$\text{■} \quad (3.19)$$

					Обеспечение безопасности подводных переходов магистральных трубопроводов на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31



При глубине ■■■■■ полученному значению интенсивности отложения наносов в траншее соответствуют скорости течения, не превышающие ■■■■■.

По результатам расчетов можно сделать вывод, что протаскивание трубопровода при первоначальной ширины траншеи возможно после того, как средние на вертикалях скорости упадут до ■■■■■ и ниже [13].

### 3.3 Эксплуатация подводных переходов

Под эксплуатацией ППМТ следует понимать совокупность процессов транспортировки продуктов, технического обслуживания и ремонта.

Безопасность и надежность ППМТ в процессе эксплуатации обеспечивается следующим образом:

- проведение периодических осмотров и комплексных диагностических обследований;
- своевременное выполнение ремонтных работ;
- соблюдение требований к охранной зоне ППМТ;
- контроль противопожарной защиты и соблюдение условий пожаровзрывобезопасности;
- контроль состояния информационных и указательных знаков.

Техническое состояние ППМТ определяется следующими параметрами:

- наличием подлежащих ремонту дефектов (ДПР);
- наличием дефектов первоочередного ремонта (ПОР);
- величиной заглубления трубопровода, наличием оголенных участков и провисов;
- состоянием антикоррозионной изоляции и балластировки;
- состоянием берегов;
- состоянием информационных знаков и реперов на участке перехода.

В зависимости от значения этих параметров техническое состояние ППМТ подразделяется на исправное, неисправное и критическое.

					Обеспечение безопасности подводных переходов магистральных трубопроводов на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Техническое обслуживание и эксплуатацию подводных переходов осуществляет линейная эксплуатационная служба в соответствии с требованиями НТД. Сроки проведения осмотров подводных переходов, их периодичность и объем устанавливают ежегодным графиком, разрабатываемым ЛЭС и утверждаемым руководством филиала ЭО. При определении сроков осмотра учитывают сезонные изменения условий эксплуатации, характерные природные явления, определяющие состояние русловой и пойменной частей перехода: половодье, период дождей, оползневые явления, просадки, морозное пучение грунтов и т.д.

Существует два вида обследования ППМТ: периодическое частичное и периодическое полное. Периодическое частичное обследование проводится ежегодно (для несудоходных рек шириной менее 30 м 1 раз в 2 года) и включает в себя: определение состояния береговых участков, информационных знаков, реперов и маркерных пунктов; организацию водомерного поста; определение планово-высотного положения трубопровода. Полное обследование переходов проводится один раз в несколько лет (в зависимости от типа и ширины водной преграды) и включает в себя обследование с помощью специального комплекса приборов.

Мониторинг технического состояния подводных переходов магистральных трубопроводов

Техническое диагностирование магистральных трубопроводов проводится на протяжении всего жизненного цикла объекта, вплоть до вывода из эксплуатации (за исключением периода ликвидации). Проведение диагностики способствует раннему обнаружению дефектов, их своевременному устранению, а также сокращению трудовых затрат и времени, необходимых для выполнения ремонтных работ.

Техническая диагностика подводных переходов магистральных трубопроводов включает в себя наружное обследование и внутреннее обследование с применением внутритрубных инспекционных снарядов.

					Обеспечение безопасности подводных переходов магистральных трубопроводов на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Диагностическое обследование подводных переходов проводится специализированными организациями со следующими видами работ:

- топографическая съемка берегов и островов в техническом коридоре трубопровода;
- определение планового и высотного положения трубопровода в русловой и пойменной частях перехода;
- батиметрическая съемка акватории водоема в зоне перехода;
- гидролокационная съемка акватории водоема в зоне перехода;
- определение состояния изоляционного покрытия в пойменной и русловой частях;
- водолазное обследование оголенных и провисающих участков;
- гидрометрические работы в зоне перехода.

Помимо вышеперечисленных видов работ, основные и резервные нитки переходов магистральных трубопроводов через водные преграды подлежат обследованию внутритручными инспекционными приборами (ВИП) с применением стационарных или временных камер ППСОД. Периодичность пропуска ВИП определяется результатами мониторинга, аттестации, но не реже 1 раза в 3 года.

Комплекс внутритрубных инспекционных приборов, предназначенных для обследования подводного перехода, включает в себя профилемер, ультразвуковые и магнитные дефектоскопы. Перед прогоном снаряда трубу очищают специальными скребками до нормативной степени очистки трубы.

Контролируемые параметры ПП с применением внутритрубных средств технической диагностики:

- толщина стенки трубы;
- состояние продольных и поперечных сварных швов;
- геометрия трубы;
- состояние выявленных дефектов.

Перед вводом в эксплуатацию вновь построенных ППМН обязательно проведение профилометрии.

					Обеспечение безопасности подводных переходов магистральных трубопроводов на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Информация, полученная в результате внутритрубной дефектоскопии, используется в следующих целях:

- проведение мониторинга, аттестации подводных переходов;
- составление плана ремонтных работ методами замены трубы и выборочного ремонта выявленных дефектов;
- своевременное выявление и устранение дефектов ПОР;
- расчет прогнозного роста дефектов;
- принятие оперативных мер для безаварийной работы ППМН.

### **3.3.1 Приборное обследование подводных трубопроводов**

В настоящее время приборное геофизическое обследование подводных переходов нефте- и газопроводов становится всё более распространённым видом работ и включено в регламенты многих предприятий по эксплуатации трубопроводов. Качественное проведение обследований и глубокий анализ их результатов способствует более эффективному и надёжному планированию ремонтных и профилактических работ на переходах, ведёт к повышению безопасности подобных объектов и к снижению затрат на обеспечение их безаварийной эксплуатации.

На подводных переходах магистральных трубопроводов, как правило, проводят следующие виды изысканий:

- мониторинг технического состояния подводных переходов (плановые обследования);
- технический надзор за ремонтными работами на переходах;
- контроль качества выполняемых подводно-технических работ;
- инженерные изыскания под строящиеся переходы (в том числе для оценки влияния русловых процессов на ППМТ).

Комплекс методов осуществления работ по мониторингу подводных переходов представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Методы и задачи, решаемые при мониторинге подводных трубопроводов [21]

					Обеспечение безопасности подводных переходов магистральных трубопроводов на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Методы	Решаемые задачи
Эхолотирование	Батиметрическая съёмка акватории
Непрерывное сейсмоакустическое профилирование (НСП)	<p>Определение планово-высотного положения трубопровода;</p> <p>Непосредственное наблюдение оголений и провисов;</p> <p>Определение высоты оголений и провисов;</p> <p>Выявление опасных или неблагоприятных придонных объектов</p>
Электромагнитные трассопоисковые методы (ЭТМ)	<p>Определение планово-высотного положения трубопровода;</p> <p>Косвенное определение недозаглублений, оголений, провисов(по разности отметок грунта и верха трубы);</p> <p>Определение состояния антикоррозийной изоляции</p>
Электрометрия приповерхностного водного слоя (ЭПС)	Определение состояния антикоррозийной изоляции дюкера, участков утечек тока катодной защиты, эффективности катодной защиты
Гидролокация бокового обзора (ГЛБО)	<p>Непосредственное наблюдение оголенных и провисающих участков трубопровода;</p> <p>Наглядное подтверждение их наличия;</p> <p>Уточнение их координат;</p> <p>Определение высоты оголений и провисов;</p> <p>Контроль состояния балластировки оголённого дюкера;</p> <p>Съёмка дноукреплений;</p> <p>Выявление опасных или неблагоприятных придонных объектов</p>
Подводная видеосъёмка	<p>Визуальное подтверждение оголённых и провисающих участков дюкера;</p> <p>Проверка состояния дноукрепительных сооружений;</p> <p>Выявление опасных или неблагоприятных придонных объектов</p>
Береговая геодезическая съёмка	Съёмка береговых участков и берегоукрепительных сооружений

### 3.3.2 Внутритрубная диагностика






При обследовании подводных переходов с помощью внутритрубных устройств определяются следующие параметры:

- отклонения геометрии трубы ПП (гофры, вмятины, выпуклости, радиусы поворотов);
- наличие оголенных участков трубы подводного перехода (по плотности грунта вокруг трубопровода);
- внутренний профиль трубы ПП;
- толщина стенки трубы ПП (коррозионные повреждения);
- изображение внутренней поверхности трубы ПП.

В таблице 2 приведены сравнительные характеристики некоторых внутритрубных инспекционных приборов, производимых компанией АО «Транснефть - Диаскан» [22]

Таблица 2 – Парк внутритрубных инспекционных приборов

Наименование ВИП	Многоканальны е профилемеры ПРН	Ультразвуковы е дефектоскопы серии УСК (WM)	Магнитные дефектоскопы серии МСК (MFL)	Магнитные дефектоскопы серии VСК (TFI)	Комбинированны е магнитно- ультразвуковые дефектоскопы (MFL+WM+CD)
					
Назначение	Измерение величины внутреннего проходного сечения и радиусов поворота трубопровода различного диаметра	Неразрушающий контроль (толщинометрии) трубопроводов методом ультразвукового сканирования материала трубы	Контроль трубопроводов методом определения утечки магнитного потока при продольном намагничивании в материале трубопровода и поперечных сварных швах	Контроль трубопроводов методом определения утечки магнитного потока при поперечном намагничивании в материале трубопровода и продольных сварных швах	За один прогон проводится магнитная (MFL) и ультразвуковая (WM+CD) диагностика трубопровода на потери металла и наличие трещин продольно и поперечной ориентации
Диагностируемые дефекты	Вмятины; Овальности; Гофры; Радиусы, направления изгибов и углов поворота трубопровода	Коррозия; Расслоения; Риска; Смещение кромок поперечных сварных швов.	Питтинговая коррозия; Трещиноподобные дефекты в поперечных сварных швах и в теле трубы; Риска	Питтинговая коррозия; Трещиноподобные дефекты в продольных сварных швах и в теле трубы; Риска	Продольная трещина; Дефекты продольных и поперечных сварных швов; Питтинговая коррозия; Расслоение и потери металла; Риска

Наименование ВИП	Многоканальны е профилемеры ПРН	Ультразвуковы е дефектоскопы серии УСК (WM)	Магнитные дефектоскопы серии МСК (MFL)	Магнитные дефектоскопы серии VСК (TFI)	Комбинированны е магнитно- ультразвуковые дефектоскопы (MFL+WM+CD)
					
Среда эксплуатации	Жидкость, Газ	Жидкость	Жидкость, Газ	Жидкость, Газ	Жидкость
Температурный диапазон	-15°C ÷ +60°C	-15°C ÷ +50°C	-15°C ÷ +60°C	-15°C ÷ +60°C	-15°C ÷ +50°C
Максимальное давление при эксплуатации	14 МПа	14 МПа	14 МПа	14 МПа	14 МПа
Максимальная длина обследуемого участка	350 км	350 км	350 км	300 км	250 км
Рабочий диапазон скорости	До 6,0 м/с	До 3,2 м/с	До 4,0 м/с	До 4,0 м/с	До 2,0 м/с

#### 4 Обеспечение безопасности подводных переходов при прокладке методом ННБ

Бестраншейная прокладка трубопроводов применяется при сооружении переходов как альтернатива траншейной или воздушной прокладке в тех случаях, когда необходимо избежать нарушения поверхности в ходе строительства. К данным методам относятся горизонтальное бурение, микротоннелирование, наклонно-направленное бурение.

Основные преимущества бестраншейных методов: повышение надежности трубопровода, возможность проведения работ в любое время года, уменьшение неблагоприятного воздействия на окружающую среду, отсутствие влияния на русловые процессы рек и режим судоходства, отсутствие необходимости балластировки трубопровода, сокращение сроков строительства.

К недостаткам бестраншейных методов относятся ограниченная длина перехода (за исключением метода микротоннелирования) и ограничения, связанные с геологическими условиями (сложность проходки в галечниковых, валунных, илистых и карстовых грунтах).

На реках России наибольшее распространение получил метод наклонно-направленного бурения. Данный метод рекомендуется при пересечении рек, характеризующихся значительными глубинными деформациями и незначительными горизонтальными деформациями (участки в местах сужения речных долин с четкообразным строением; реки со склонами, сложенными трудноразмываемыми горными породами; относительно прямолинейные русла рек и пр.). Длина перехода при этом методе ограничена техническими возможностями наклонного бурения (в среднем до 1500 – 1800 м).

					Анализ способов обеспечения безопасной работы подводных переходов магистральных трубопроводов		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Демченко Е.В.			Обеспечение безопасности подводных переходов при прокладке методом ННБ		
Руковод.		Антропова Н.А.					
Консульт.							
Руковод.ОП		Бурков П.В.					
						Лит.	Лист
							Листов
							39
							97
						Отделение нефтегазового дела	
						гр. 2БМ6Б	



Наибольшую угрозу трубопроводу при пересечении реки методом ННБ представляют деформации берегов русла по направлению к точкам входа и выхода трубы и размывы дна в направлении к верхней образующей туннеля. Трубопровод считается устойчивым по условиям размыва русла в течение расчетного времени эксплуатации перехода в том случае, если длина и максимальная глубина ППР будет меньше, чем длина и глубина перехода соответственно (рисунок 4).

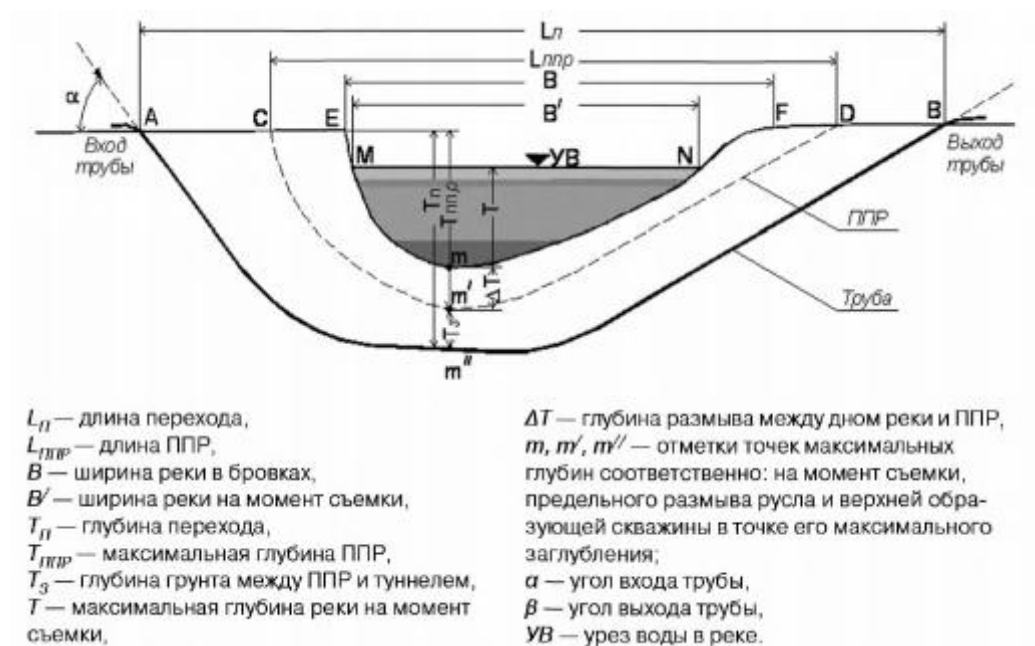


Рисунок 4 – Параметры ППР в створе перехода трубопровода при пересечении реки методом ННБ

Минимальное заглубление трубопровода должно назначаться в соответствии с прогнозируемым размывом русла реки, не менее чем на 3 м ниже линии предельного размыва, но не менее 6 м от естественных отметок дна.

В процессе строительства подводного перехода методом ННБ можно выделить три основных этапа: бурение пилотной скважины; расширение скважины; протягивание трубопровода в разработанную скважину (рисунок 4.2).

Технологический комплекс выполняемых операций включает в себя следующие виды работ:

- устройство основания под проходческую буровую установку;
- монтаж проходческой буровой установки и вспомогательного оборудования;
- сварка трубопровода и контроль качества сварных стыков;
- бурение пилотной скважины;
- гидравлическое испытание трубопровода на площадке (I этап);
- нанесение изоляции и контроль качества изоляционного покрытия;
- установка направляющих опор спусковой дорожки и укладка на них трубопровода;
- расширение пилотной скважины до заданного диаметра с последующей калибровкой (окончательный диаметр подготовленной скважины должен не менее чем на 25% превышать диаметр протаскиваемого трубопровода.);
- протягивание трубопровода в скважину;
- испытание уложенного трубопровода (II этап);
- демонтаж технологического оборудования.

Выбор бурового оборудования и бурового раствора определяется исходя из длины участка ННБ, диаметра трубопровода, а также физико-механических свойств грунтов.

В связи с тем, что срок эксплуатации подводных переходов, проложенных методом ННБ, составляет 50 лет, изоляционное покрытие труб должно быть усиленного типа. Свойства покрытия определяются в соответствии с ГОСТ Р51164-98 [24] с учетом характеристики грунтов, назначения трубопровода, а также условий воздействия на изоляцию сил трения при протаскивании в скважине. Одновременно с защитой трубопровода от коррозии с помощью изоляционного покрытия применяется и электрохимическая защита (ЭХЗ).

					Обеспечение безопасности подводных переходов при прокладке методом ННБ	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

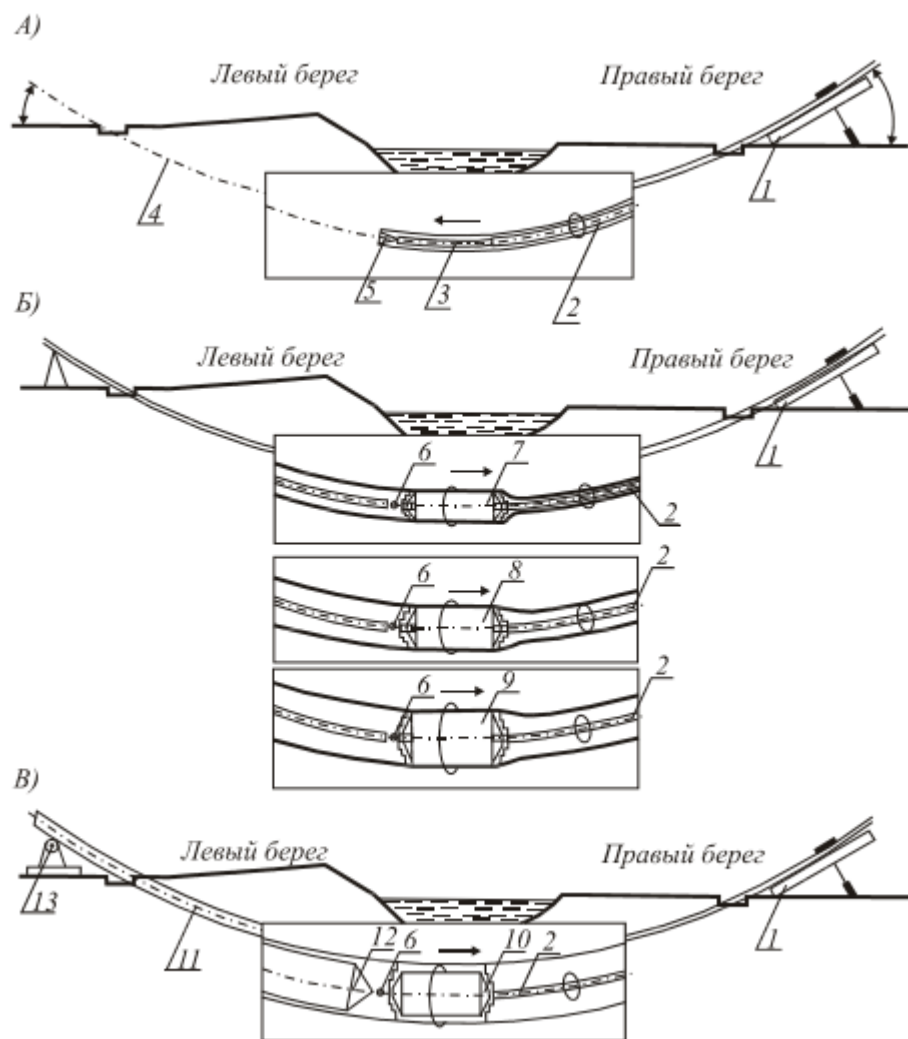


Рисунок 5 – Схема прокладки трубопровода методом ННБ:

а) бурение пилотной скважины; б) поэтапное расширение скважины; в) протаскивание плети рабочего трубопровода;

1 – буровая установка; 2 – буровая колонка из промывочных штанг; 3 – пилотные штанги; 4 – траектория пилотной скважины; 5 – буровая головка; 6 – вертлюг; 7, 8, 9, 10 – расширители разных диаметров; 11 – трубопровод; 12 – оголовок для протаскивания; 13 – роликовая опора.

## **6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **6.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Для того, чтобы произвести анализ потребителей результатов исследования, необходимо определить целевой рынок, на котором будет продаваться разработка, и провести его сегментирование.

В данном случае целевыми потребителями являются предприятия нефтегазовой промышленности, занимающиеся строительством, эксплуатацией и обслуживанием объектов транспорта нефти и газа.

Сегментировать рынок услуг по строительству и техническому обслуживанию подводных переходов магистральных трубопроводов можно следующим образом:

- вид транспортируемой продукции (нефть, нефтепродукты, природный газ);
- характеристика водного объекта (в зависимости от ширины и глубины рек);
- географическое положение и геологические условия участков трубопровода (характер рельефа, заболоченная местность, участки вечной мерзлоты, горные реки);
- тип работ (проведение инженерных изысканий, строительство, техническое обслуживание и ремонт, диагностика);
- размер компании-заказчика.

При продвижении проекта следует ориентироваться на предприятия, эксплуатирующие участки нефтегазопроводов, пересекающие водные

					Анализ способов обеспечения безопасной работы подводных переходов магистральных трубопроводов				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					
Разраб.		Демченко Е.В.			Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лит.		Лист	Листов
Руковод.		Антропова Н.А.						51	97
Консульт.						Отделение нефтегазового дела гр. 2БМ6Б			
Руковод.ООП		Бурков П.В.							

преграды, а также организации, занимающиеся проектированием и строительством трубопроводных систем и проведением инженерных изысканий.

В будущем могут быть привлекательны сегменты рынка, эксплуатирующие трубопроводы, прокладываемые в сложных природных условиях (участки вечной мерзлоты и горные реки); а также предприятия, занимающиеся инновациями в области строительства и диагностики трубопроводов.

### 6.1.2 SWOT-анализ

SWOT-анализ представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта, применяемый для исследования внешней и внутренней среды проекта. SWOT-анализ проекта приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Матрица SWOT

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>
	<p>С1. Надежное и безопасное функционирование спроектированных и построенных подводных переходов трубопроводов.</p> <p>С2. Высокая степень безопасности производства работ.</p> <p>С3. Применение сертифицированного оборудования и материалов.</p> <p>С4. Использование современных разработок в сферах строительства, проведения изысканий и диагностики.</p> <p>С5. Квалифицированный персонал.</p>	<p>Сл1. Отсутствие долгосрочной программы инвестирования производства.</p> <p>Сл2. Недостаток рабочих кадров.</p> <p>Сл3. Ускоренное развитие технологий и оборудования.</p> <p>Сл4. Регулирование деятельности требованиями нормативных документов на все этапах производства работ.</p> <p>Сл5. Неблагоприятное воздействие на окружающую среду.</p>
<b>Возможности:</b>	1. Интенсивный рост	1. Разработка долгосрочной

<p>V1. Возможность применения технических решений для различных объектов трубопроводного транспорта.</p> <p>V2. Замена труб с истекшим сроком эксплуатации и ремонт аварийно-опасных участков трубопроводов.</p> <p>V3. Перспективы расширения производства.</p> <p>V4. Создание дополнительных рабочих мест на предприятии.</p> <p>V5. Разработка и использование инновационных технологий.</p>	<p>производства.</p> <p>2. Повышение надежности трубопроводных систем за счет капитального ремонта и реконструкции действующих трубопроводов.</p> <p>3. Расширение кадрового состава.</p> <p>4. Выход на международный рынок услуг.</p> <p>5. Разработка стратегий внедрения инновационных технологий.</p>	<p>программы развития.</p> <p>2. Привлечение дополнительных рабочих кадров.</p> <p>3. Отслеживание появления инновационных разработок в области технологии производства работ.</p> <p>4. Разработка детального плана работ и требований к персоналу с учетом требования нормативных документов.</p> <p>5. Внедрение в производство экологически безопасных технологий.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Возникновение аварийных ситуаций.</p> <p>У2. Причинение непоправимого вреда рыбному хозяйству.</p> <p>У3. Изменение законодательства и нормативной документации, введение дополнительных требований к используемому оборудованию.</p> <p>У4. Отсутствие возможности внедрения инновационных технологий.</p> <p>У5. Отсутствие квалифицированного персонала.</p>	<p>1. Совершенствование системы контроля в процессе строительства и эксплуатации трубопроводов.</p> <p>2. Соблюдение требований промышленной безопасности и охраны труда.</p> <p>3. Поиск и привлечение высококвалифицированных специалистов.</p> <p>4. Сертификация оборудования.</p> <p>5. Использование рыбозащитных сооружений заградительной группы для сохранения рыбного хозяйства.</p>	<p>1. Организация обучения и повышения квалификации рабочих кадров.</p> <p>2. Постоянный поиск партнеров с целью дальнейшего расширения сферы деятельности.</p> <p>3. Поиск дополнительных источников финансирования.</p> <p>4. Отслеживание изменений в законодательстве РФ.</p> <p>5. Высокая степень социальной ответственности.</p>

### 6.1.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Оценка степени готовности проекта к коммерциализации является важным этапом в разработке проекта, поскольку позволяет выявить как готовность разработки в целом, так и отдельные слабые стороны проекта, нуждающиеся в доработке. Анализ степени проработанности проекта удобнее всего производить с помощью специальной формы, содержащей показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика проекта (таблица 4).

Таблица 4 – Оценка степени готовности проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	3
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	5
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	5
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	2	4
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	1	2
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	5
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	3	4
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	4

10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	4
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	3
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	4
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	4
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	3
15	Проработан механизм реализации научного проекта	3	4
	ИТОГО БАЛЛОВ	44	58

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (6.1)$$

где  $B_{\text{сум}}$  – суммарное количество баллов по каждому направлению;  $B_i$  – балл по  $i$ -му показателю.

Значение степени проработанности научного проекта составило 44, что говорит о средней перспективности разработки. Значение уровня имеющихся знаний у разработчика составило 58, то есть перспективность выше среднего.

По результатам оценки можно сказать, что в первую очередь необходимо провести маркетинговые исследования рынков сбыта, проработать вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот, а также произвести оценку интеллектуальной собственности. Дальнейшими задачами будут усовершенствование деталей бизнес плана с целью определения конкретных путей продвижения на рынок сбыта, а также проработка вопросов финансирования и организации команды для коммерциализации научной разработки.



### 6.1.4 Инициация проекта

В данном разделе приводится информация о заинтересованных сторонах проекта, а также целях и критериях достижения целей.

Таблица 5 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
<p>Организации, эксплуатирующие магистральные трубопроводы:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– ПАО «Газпром»,</li><li>– ПАО «Транснефть»,</li><li>– ПАО «Новатэк» и др.;</li></ul> <p>Проектные организации:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,</li><li>– ООО «НИИ Транснефть» и др.;</li></ul> <p>Подрядные организации, занимающиеся строительством и ремонтом трубопроводов:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– АО «Стройтрансгаз»,</li><li>– ООО «Стройгазмонтаж» и др.</li></ul>	<p>Повышение срока службы подводных трубопроводов</p> <p>Снижение затрат на проведение строительных и ремонтных работ</p> <p>Применение наиболее точных и эффективных способов диагностики технического состояния трубопроводов на участках подводных переходов</p>

Таблица 6 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Исследование факторов, влияющих на надежность работы подводных переходов магистральных трубопроводов
Ожидаемые результаты проекта:	Обеспечение безопасной работы подводных переходов в течение длительного периода эксплуатации
Критерии приемки результата проекта:	Соответствие требованиям нормативной документации

## 6.2 Планирование управления научно-техническим проектом

### 6.2.1 План проекта

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В рамках планирования научного проекта необходимо построить график выполнения работ (таблица 7).

Таблица 7 – Календарный график проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала выполнения работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
Утверждение темы магистерской диссертации, получение задания	2	01.02.2018	02.02.2018	Демченко Е. В. Антропова Н. А.
Постановка задачи и целей исследования, актуальность исследуемой проблемы	5	03.02.2018	07.02.2018	Демченко Е. В. Антропова Н. А.
Введение	5	08.02.2018	12.02.2018	Демченко Е. В. Антропова Н. А.
Литературный обзор	7	13.02.2018	19.02.2018	Демченко Е. В. Антропова Н. А.
Написание теоретической части	30	20.02.2018	21.03.2018	Демченко Е. В. Антропова Н. А.
Проведение расчетов	30	22.03.2018	20.04.2018	Демченко Е. В. Антропова Н. А.
Раздел «Социальная ответственность»	10	21.04.2018	30.04.2018	Демченко Е.В.
Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10	01.05.2018	10.05.2018	Демченко Е.В.
Результаты проведенной работы	5	11.05.2018	15.05.2018	Демченко Е.В. Антропова Н.А.

Оформление пояснительной записки	3	16.05.2018	18.05.2018	Демченко Е.В.
Проверка отчета руководителем	5	19.05.2018	23.05.2018	Антропова Н.А.
Исправление замечаний, полученных в ходе проверки	5	24.05.2018	28.05.2018	Демченко Е.В.
Создание презентации	4	28.05.2018	31.05.2018	Демченко Е.В.
ИТОГО	121			

Ленточный график проведения работ представлен в форме диаграммы Ганта (рисунок 6).



Рисунок 6 – Диаграмма Ганта для научно-технического проекта

### 6.3 Сметная стоимость выполнения работ

Одним из важнейших факторов, влияющих на надежность подводного участка трубопровода, является выбор метода прокладки. В данном разделе приводится смета затрат на строительство подводного перехода магистрального

нефтепровода [REDACTED]. Затраты рассчитаны для двух способов прокладки перехода: траншейный метод и метод наклонно-направленного бурения, с целью последующей оценки экономической эффективности метода ННБ.

Таблица 8 – Смета на строительство подводного перехода через реку [REDACTED]  
траншейным методом

Наименование объектов, работ и затрат	Кол-во	Общая стоимость, тыс. руб.			
		Всего	В том числе		
			Оборудование	Оплата труда	Эксплуатация машин
1	2	3	4	5	6
[REDACTED]					
[REDACTED]	1	1	1	1	1
[REDACTED]	1	1	1	1	1
[REDACTED]	1	1	1	1	1
[REDACTED]	1	1	1	1	1
[REDACTED]	1	1	1	1	1
[REDACTED]	1	1	1	1	1
[REDACTED]	1	1	1	1	1
[REDACTED]	1	1	1	1	1
[REDACTED]	1	1	1	1	1
[REDACTED]	1	1	1	1	1
[REDACTED]	1	1	1	1	1
[REDACTED]	1	1	1	1	1
[REDACTED]	1	1	1	1	1
[REDACTED]	1	1	1	1	1
[REDACTED]					
[REDACTED]	1	1	1	1	1
[REDACTED]	1	1	1	1	1
[REDACTED]					
[REDACTED]	1	1	1	1	1

[illegible]

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и  
ресурсосбережение*

Луст

60

Наименование объектов, работ и затрат	Кол-во	Общая стоимость, тыс. руб.			
		Всего	В том числе		
			Оборудование	Оплата труда	Эксплуатация машин
1	2	3	4	5	6
██████████	█	█	█	█	█
██████████	█	█	█	█	█
████████████████████					
██████████	█	█	█	█	█
██████████		█			
██████████		█			
██████████		█	█	█	█
██████████		█	█	█	█
██████████		█			
██████████		█			

Таблица 9 – Смета на строительство подводного перехода через реку ██████████  
методом наклонно-направленного бурения (ННБ)

Наименование объектов, работ и затрат	Кол-во	Общая стоимость, тыс. руб.			
		Всего	В том числе		
			Оборудования	Оплата труда	Эксплуатация машин
1	2	3	4	5	6
████████████████████					
██████████	█	█	█	█	█
██████████	█	█	█	█	█

Наименование объектов, работ и затрат	Кол-во	Общая стоимость, тыс. руб.			
		Всего	В том числе		
			Оборудования	Оплата труда	Эксплуатация машин

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и  
ресурсосбережение*

Луст

62

Наименование объектов, работ и затрат	Кол-во	Общая стоимость, тыс. руб.			
		Всего	В том числе		
			Оборудования	Оплата труда	Эксплуатация машин
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■					
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■					
■	■	■		■	
■	■	■		■	
■		■	■	■	■
■		■	■	■	■
■					
■		■			
■		■			
■		■	■	■	■
■		■	■	■	■
■		■			
■		■			



## 6.4 Обоснование экономической эффективности метода наклонно-направленного бурения

В данном случае при сравнении двух способов строительства подводных переходов – траншейного и бестраншейного (ННБ) целесообразно оценивать экономическую эффективность по эксплуатационным затратам, связанным с обслуживанием трубопровода в течение всего срока его полезного использования.

Для магистральных трубопроводов эксплуатационные затраты определяются по формуле:

$$C_i = A_i + P_i + Z_{\text{при}}, \quad (6.1)$$

где  $A_i$  – амортизационные отчисления, руб.;

$P_i$  – отчисления в ремонтный фонд, руб. (1% от сметной стоимости трубопровода);

$Z_{\text{при}}$  – прочие затраты, руб. (20% от амортизационных отчислений).

Амортизационные отчисления зависят от срока полезного использования трубопровода. Для трубопроводов, проложенных траншейным методом, срок полезного использования составляет 30 лет (норма амортизационных отчислений 3,33%); для трубопроводов, проложенных методом ННБ – 50 лет (норма амортизационных отчислений 2%).

Эксплуатационные затраты для трубопровода, проложенного траншейным методом:

\_\_\_\_\_ тыс. руб.;

\_\_\_\_\_ тыс. руб.;

\_\_\_\_\_ тыс. руб.;

\_\_\_\_\_ тыс. руб.

Эксплуатационные затраты для трубопровода, проложенного методом ННБ:

тыс. руб.;

Затраты на проведение ремонта для метода бестраншейной прокладки трубопровода отсутствуют;

тыс. руб.;

тыс. руб.

Определяем экономическую эффективность метода ННБ:

тыс. руб. (6.2)

Таким образом, экономическая эффективность метода ННБ составила тысяч рублей. Это связано, прежде всего, с сокращением срока производства работ (для прокладки трубопровода методом ННБ в среднем требуется 1 месяц, траншейным способом – 4-6 месяцев и более), что в свою очередь влияет на сумму заработной платы рабочим. Еще одним важным преимуществом метода ННБ является отсутствие затрат на восстановление поврежденной в процессе строительства инфраструктуры и различных коммуникаций, а также минимальное воздействие на состояние водного объекта.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
						65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 7 Социальная ответственность

Согласно ГОСТ Р ИСО 26000-2012 [37], социальная ответственность – это ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на окружающую среду и общество через прозрачное и этическое поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения;
- Интегрировано в деятельность всей организации и применяется в ее взаимоотношениях.

Магистерская диссертация представляет собой анализ факторов, влияющих на эксплуатационную надежность подводных переходов магистральных трубопроводов на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации. Рассмотрены основные причины возникновения аварийных ситуаций (размыв грунта вокруг труб вследствие неправильного выбора створа перехода и недостаточного заглубления; неучтенные нагрузки; нарушение правил эксплуатации и пр.) и представлены способы, позволяющие предотвратить разрушение трубопровода.

Результаты данного исследования могут применяться в сфере нефтегазового производства при проектировании и эксплуатации участков пересечения водных преград трубопроводами.

					<i>Анализ способов обеспечения безопасной работы подводных переходов магистральных трубопроводов</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Демченко Е.В.			Социальная ответственность	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Антропова Н.А.					66	97
Консульт.						Отделение нефтегазового дела гр. 2БМ6Б		
Руковод.ОП		Бурков П.В.						

# 1 Производственная безопасность

Таблица 10 – Опасные и вредные факторы

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015) [26]		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1) Проведение инженерных изысканий на местности; 2) Погрузо-разгрузочные работы; 3) Разработка подводной траншеи; 4) Сварочно-монтажные работы; 5) Изоляционные работы; 6) Укладка трубопровода в траншею и обратная засыпка; 8) Проведение работ по техническому обслуживанию и ремонту; 9) Мониторинг технического состояния подводного перехода.	1. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей среды; 2. Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; 3. Повышенный уровень шума на рабочем месте; 4. Отсутствие или недостаток естественного света; 5. Повреждения в результате контакта с насекомыми и животными; 6. Физические и нервно-психические перегрузки.	1. Движущиеся машины и механизмы; 2. Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; 3. Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования и материалов; 4. Повышенный уровень статического электричества; 5. Пожаровзрывоопасность.	ГОСТ 12.1.005-88 [27] ГОСТ 12.1.008-76 [28] ГОСТ 12.1.018-93 [29] ГОСТ 12.2.003-91 [30] ГОСТ 12.3.009-76 [31] ГОСТ 12.4.011-89 [32] ГОСТ 12.4.124-83 [33] ГОСТ 12.4.125-83 [34] СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [42] СанПиН 2.2.4-548-96 [43] СанПин 2.2.4.3359-16 [44] СНиП 12-03-2001 [45] СНиП 12-04-2002 [46] СП 51.13330.2011 [47] СП 52.13330.2011 [48] Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ [50]

## 7.1.1 Вредные производственные факторы

### 1. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны

Пыль образуется преимущественно при перевозке и разгрузке пылящих грузов, а также при выполнении шлифовальных и сварочных работ. В запыленном воздухе дыхание становится затрудненным, насыщение крови кислородом ухудшается, что предрасполагает к легочным заболеваниям. В

качестве защиты от пыли применяются респираторы, фильтрующие противогазы, марлевые повязки, защитные очки и специальная одежда из пыленепроницаемой ткани [39]. Причиной загазованности воздуха рабочей зоны является то, что транспортируемые продукты (нефть и газ) содержат легко испаряющиеся вещества, опасные для жизни и здоровья человека. Предельно допустимая концентрация (ПДК) углеводородов природного газа в воздухе рабочей зоны равна 300 мг/м<sup>3</sup> в пересчете на углерод [27]. Контроль загазованности осуществляется путем проведения анализа ГВС перед началом работ, после каждого перерыва в работе и во время проведения работ с периодичностью и в местах, установленных требованиями наряда-допуска, но не реже, чем через 1 час. В случае превышения допустимых значений концентрации ГВС немедленно прекращается проведение работ, и принимаются меры по устранению причин загазованности. Возобновлены работы могут быть только после обнаружения и устранения причин загазованности и при непревышении допустимых значений концентрации ГВС. Допустимо применение вентиляционных установок во взрывобезопасном исполнении при повышении загазованности сверх допустимых санитарных норм. Для защиты органов дыхания необходимо использовать шланговые противогазы ПШ-1, ПШ-2.

## *2. Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны*

Так как работы на подводных переходах проводятся на открытой местности в разные времена года, существует опасность негативного воздействия как высоких, так и низких температур воздуха.

Повышенные температуры воздуха приводят к ухудшению самочувствия и понижению работоспособности, также возможен перегрев организма и получение теплового удара. В холодное время года возможно получение травм, связанных с переохлаждением организма и обморожением конечностей.

Работы при повышенных или пониженных температурах воздуха необходимо тщательно планировать, режим труда и отдыха для таких работ

					Социальная ответственность	Лист
						68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

должен соответствовать устанавливаемым нормативными документами требованиям [43].

Для защиты от неблагоприятных температурных воздействий устанавливается рекомендуемое время непрерывного пребывания на рабочем месте в зависимости от температуры и тяжести работ (как правило, указывается в проекте производства работ). Также при работах на открытом воздухе предусмотрены перерывы в работе, во время которых работникам следует находиться в помещениях с благоприятным микроклиматом.

В качестве средств индивидуальной защиты применяются специальная зимняя одежда и обувь, в летний период – головные уборы.

### *3. Повышенный уровень шума*

В процессе проведения работ источниками шума являются движущиеся строительные машины и механизмы на трассе, производственные и складские площадки, вахтовый транспорт в городках и пр. Предельно допустимые уровни звука на рабочих местах зависят от категории тяжести и напряженности трудовой деятельности. СанПин 2.2.4.3359-16 [44] установлен эквивалентный уровень звука, равный 80 дБА. Для защиты от шума применяют средства защиты органов слуха (наушники).

### *4. Отсутствие или недостаток естественного света*

Проведение работ предусматривается в светлое время суток при естественном освещении. Условия освещенности рабочей зоны и жилых помещений должны соответствовать нормативам, указанным в СП 52 13330.2011 [48] и СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [42]. В случае необходимости местного освещения отдельных участков производства работ применяются переносные светильники во взрывозащищенном исполнении напряжением не более 12 В.

### *5. Повреждения в результате контакта с насекомыми и животными*

При производстве работ в весенне-летний период существует опасность получения повреждений от таких насекомых, как комары, мошки, слепни, гнус. Кроме того, во многих районах производства работ распространен

					Социальная ответственность	Лист
						69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

энцефалитный клещ, укус которого приводит к тяжелым последствиям для здоровья человека. Для предотвращения повреждений работающие должны быть обеспечены защитными (сетки Павловского, закрытая спецодежда) и отпугивающими (диметилфталат, диэтилто-луамид и др.) средствами от комаров, мошки, слепней, гнуса и проинструктированы о порядке использования этих средств. Также все рабочие должны быть привиты от клещевого энцефалита [49].

#### *6. Физические и нервно-психические перегрузки*

Чрезмерные физические и нервно-психические перегрузки возникают вследствие тяжести и сложности выполняемых работ, эмоциональных перегрузок и приводят к развитию утомления и переутомления работников. Во избежание этого необходимо придерживаться наиболее целесообразного режима труда и отдыха при производстве работ, учитывая при этом, что длительность перерывов должна соответствовать возрастным особенностям организма, а также соблюдать нормы санитарно-гигиенических условий производственной среды.

### **7.1.2 Опасные производственные факторы**

#### *1. Движущиеся машины и механизмы*

Основными источниками механических опасностей в процессе выполнения работ являются строительные машины (бульдозеры, трубоукладчики, экскаватор и др.) и механизмы, которые создают опасность травмирования персонала, находящегося в зоне проведения работ. Для предотвращения несчастных случаев необходимо соблюдать меры безопасности при выполнении работ с использованием движущихся машин и механизмов.

К управлению движущимися машинами допущены только машинисты, прошедшие инструктаж для водителей техники и ознакомленные с порядком работ. Запрещено движение техники рядом с траншеей при нахождении в ней людей. При работе экскаватора не допускается нахождение людей в радиусе менее 5 м от зоны максимального выдвижения ковша. Машинисту не

					Социальная ответственность	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

разрешается покидать кабину экскаватора при поднятом ковше. Так же запрещена перестановка экскаватора с ковшом, наполненным грунтом. Перед началом движения экскаватора или бульдозера необходимо убедиться в отсутствии людей в зоне движения, а также оповестить о начале движения при помощи звукового сигнала. При работе трубоукладчика нахождение людей и проведение каких-либо работ в пределах перемещения грузов кранами-трубоукладчиками не допускается. Во время работы трубоукладчика запрещены поправка стропов на весу и выравнивание руками перемещаемого груза.

Подробные требования к организации безопасности во время работ движущихся машин и механизмов приведены в ГОСТ 12.3.009-76 [31], СНиП 12-03-2001 [45], СНиП 12-04-2002 [46] и ПБ 10-157-97 [40] и должны быть представлены в проекте производства работ. Общие требования безопасности к производственному оборудованию указаны в ГОСТ 12.2.003-91 [30]. Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов представлены в ГОСТ 12.4.125-83 [34].

## *2. Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования*

Данные факторы представляют опасность при выполнении работ по резке и шлифовке трубопровода. Для защиты от повреждений предусмотрены средства индивидуальной защиты, включающие в себя комплект спецодежды, защитные перчатки и очки.

## *3. Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования и материалов*

Термические опасности возникают при производстве сварочных, огневых работ, подогреве поверхности труб, использовании паяльных ламп и др. Для предотвращения получения ожогов следует локализовывать нагретые поверхности, охлаждать после окончания работ горячие инструменты (резак, горелки), а также выполнять все работы в защитных рукавицах и спецодежде.

## *4. Повышенный уровень статического электричества*

					Социальная ответственность	Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Электростатическая искробезопасность должна обеспечиваться за счет создания условий, предупреждающих возникновение разрядов статического электричества, способных стать источником зажигания объектов защиты.

Для оценки электростатической искробезопасности объекта защиты необходимо определить: электростатическую искроопасность объекта защиты, а также чувствительность объекта защиты к зажигающему воздействию разрядов статического электричества.

Электростатическая искроопасность объекта защиты выражается энергией разряда статического электричества, который может возникнуть внутри объекта или с его поверхности и должна определяться в соответствии с отраслевыми нормативно-техническими документами и стандартами предприятия.

Чувствительность объекта защиты к зажигающему воздействию разрядов статического электричества определяется минимальной энергией зажигания веществ и материалов [29].

В качестве средств коллективной защиты от статического электричества применяются: заземляющие устройства, различные нейтрализаторы, увлажняющие устройства, антиэлектростатические вещества, экранирующие устройства. Средства индивидуальной защиты включают в себя специальную одежду и обувь, антиэлектростатические предохранительные приспособления (кольца и браслеты), а также антиэлектростатические средства защиты рук [33].

## 5. Пожаровзрывоопасность

Опасность возникновения пожара или взрыва существует при работе с электроинструментом, легковоспламеняющимися веществами и материалами, а также при возникновении утечек нефти и природного газа. В соответствии с №123 – ФЗ [50], каждый объект защиты должен иметь систему обеспечения пожарной безопасности, включающую в себя систему предотвращения пожара, систему противопожарной защиты, а также комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

					Социальная ответственность	Лист
						72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Исключение условий образования в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания должно достигаться одним или несколькими из следующих способов:

- применение электрооборудования, соответствующего классу пожароопасной и (или) взрывоопасной зоны, категории и группе взрывоопасной смеси;
- применение в конструкции быстродействующих средств защитного отключения электроустановок или других устройств, исключающих появление источников зажигания;
- применение оборудования и режимов проведения технологического процесса с защитой от статического электричества;
- устройство молниезащиты зданий, сооружений и оборудования;
- применение искробезопасного инструмента при работе с легковоспламеняющимися жидкостями и горючими газами.

## 7.2 Экологическая безопасность

К природоохранным мероприятиям относятся все виды деятельности в периоды проведения инженерных изысканий, строительства и эксплуатации трубопровода, направленные на снижение отрицательного воздействия на природную среду и рациональное использование природных ресурсов. В период проведения работ происходит:

- загрязнение атмосферного воздуха;
- загрязнение водных ресурсов и нанесение вреда рыбному хозяйству;
- механическое нарушение почвенного покрова и грунтов;
- образование и размещение отходов, образующихся при строительстве.

Подводные переходы магистральных трубопроводов прокладываются за пределами селитебной зоны, также регламентируется минимальное расстояние от оси трубопровода до объектов, зданий и сооружений (СП 36.13330.2012 [16]).

					Социальная ответственность	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Защита атмосферы. Загрязнение атмосферного воздуха происходит вследствие выбросов выхлопных газов от строительной техники и от автотранспорта при доставке грузов на площадку, выбросов при производстве изоляционных и сварочных работ, выбросов от работы ДЭС, строительных машин и автотранспорта, а также при авариях и выбросах нефти и газа в атмосферу. ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе приведены в ГН 2.1.6.1338-03 [38]. Мероприятия по охране атмосферного воздуха, прежде всего, должны быть направлены на сокращение расхода топлива и снижение объема выбросов загрязняющих веществ. К числу таких мероприятий относятся:

- проведение технического осмотра и профилактических работ строительных машин, механизмов и автотранспорта, с контролем выхлопных газов ДВС для проверки токсичности не реже одного раза в год;
- недопущение к работе машин, не прошедших технический осмотр с контролем выхлопных газов ДВС;
- обеспечение оптимальных режимов работы;
- применение малосернистого и неэтилированного видов топлива;
- заправка машин и механизмов в специально отведённых местах;
- подвозка и заправка всех транспортных средств горюче-смазочными материалами по «герметичным» схемам, исключая попадание летучих компонентов в окружающую среду.

Защита гидросферы. Общие требования к охране поверхностных и подземных вод от загрязнения нефтью и нефтепродуктами приведены в ГОСТ 17.1.3.06-82 [35]. Загрязнение водных объектов в процессе выполнения работ происходит вследствие разработки подводной траншеи, попадания в воду нефти и других загрязняющих веществ с машин и механизмов, засорения водных объектов грунтом во время выполнения земляных работ, попадания в воду сточных вод и мусора, а также в случае возникновения аварий на трубопроводе. Основными природоохранными мероприятиями по защите водных объектов и сточных вод являются:

					Социальная ответственность	Лист
						74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- восстановление системы местного стока, расчистка от попавшего грунта русел и ложбин водотоков;
- запрет на мойку машин и механизмов на водных объектах в водоохранных зонах;
- запрет размещения в водоохранной зоне стоянки транспортных средств;
- установка нефтеулавливающих устройств и приспособлений для локализации и сбора разлившейся нефти в местах возможного попадания нефти в водные объекты;
- недопущение сброса на рельеф неочищенных сточных вод.

Очистка воды возможна как ручным способом, так и с помощью средств стандартной механизации: экскаваторов на колесном и гусеничном ходу, бульдозеров. Кроме того, существуют методы очистки водоемов за счет растений и микроорганизмов.

Также проектом предусмотрены рыбоохранные мероприятия, включающие в себя запрет на проведение строительных работ в русловой части водных объектов в период нереста и массовой миграции рыб, а также использование передвижных водозаборных сооружений, оборудованных специальными рыбозащитными сооружениями заградительной группы. При этом водозабор размещается за пределами нерестилищ, зимовальных ям, участков интенсивной миграции и большой концентрации личинок и молоди рыб, заповедных зон.

Защита литосферы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения почв приведены в ГОСТ 17.4.3.04-85 [36]. При выполнении работ по разработке траншеи происходит нарушение почвенного покрова. Именно поэтому строительные работы, складирование и перемещение грузов необходимо производить строго в границах, отведенных под строительство, а также временные и постоянные сооружения. Перед началом работ плодородный слой почвы на площади, занимаемой траншеями и котлованами, снимается и перемещается во временные отвалы для последующей рекультивации.

					Социальная ответственность	Лист
						75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Особое внимание следует уделить мероприятиям по обращению с отходами, направленными на предупреждение загрязнения территории проведения строительных работ и прилегающих участков отходами производства и потребления. Источниками образования производственных отходов является большинство этапов строительно-монтажных работ: очистка трассы и площадок от растительности; сварка и монтаж трубопровода; очистка труб; обслуживание строительной техники и автотранспорта (нефтезагрязненный грунт при случайных проливах горючего во время заправки, промасленная ветошь, мелкий металлолом); бытовые отходы. Все виды отходов передаются на утилизацию спецавтотранспортом. Временное хранение и накопление отходов должно производиться на специально оборудованных площадках с твердым покрытием и эффективной защитой от ветра и атмосферных осадков. Основные природоохранные мероприятия при обращении с отходами включают в себя:

- установку контейнеров для сбора отходов;
- систематическую очистку строительной площадки от отходов и строительного мусора;
- оснащение строительной колонны передвижными мусоросборниками;
- своевременный сбор и вывоз строительного мусора, а также отходов, подлежащих переработке и повторному использованию;
- ведение строгого учета образующихся отходов.

### 7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В процессе строительства и эксплуатации подводного участка трубопровода могут возникать различные чрезвычайные ситуации (ЧС) техногенного и природного характера. Возможны следующие ЧС: аварийные разливы нефти и выбросы газа, взрывы, пожары, разрывы нефтепровода в процессе гидроиспытаний, транспортные аварии, затопление прибрежной территории, шквальные ветра, ливневые дожди, заморозки и др.

					Социальная ответственность	Лист
						76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Одним из наиболее типичных видов ЧС на подводных переходах трубопроводов являются аварийные разливы нефти. Основными причинами аварийных разливов нефти могут стать разрывы и проколы трубопровода, образовавшиеся вследствие несанкционированных врезок, превышение давления нефти в трубопроводе над допустимым, а также разрушение металла трубы под действием коррозии. Для предотвращения возникновения ЧС необходимо осуществлять периодический контроль за состоянием нефтепровода, путем проведения технического обслуживания [41], а также проводить диагностирование коррозионного состояния труб и сварных стыков и проверку целостности изоляционного покрытия.

В случае обнаружения разлива нефти работник обязан сообщить диспетчеру районного нефтепроводного управления (РНУ) точное место аварии; обстановку на местности; характер разлива нефти; наличие вблизи населенных пунктов, водоемов, шоссейных дорог; состояние подъездных дорог и проездов к месту аварии; погодные условия.

До приезда бригады линейно-эксплуатационной службы (ЛЭС) необходимо: оградить предупредительными знаками место выхода и разлива нефти, предупредить доступ посторонних лиц и транспортных средств в зону аварии, принять меры по предотвращению или сокращению растекания нефти путем создания земляных валиков с использованием каких-либо подручных средств.

Ликвидация аварийных разливов нефти осуществляется в следующей последовательности:

1. Локализация разлива нефти. В случае разливов нефти на грунте используют насыпи, перехватывающие траншеи, подпорные стенки, а также заграждения из сорбирующих материалов; при разливах нефти на водной поверхности используют ограждения, диспергенты и сорбенты; разливы нефти в зимних условиях локализуются с помощью заграждений, дамб и снежных преград.

					Социальная ответственность	Лист
						77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2. Ликвидация разлива нефти. Осуществляется путем сбора разлитой нефти с помощью нефтесборных машин, судов-нефтесборщиков, ручным и механизированным способом, применением сорбентов.

Для каждого случая разрабатывается план ликвидации аварийного разлива нефти, в котором указываются основные решения по организации работ [25].

#### **7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Согласно СНиП 12-03-2001 [45], организация и выполнение работ должны осуществляться при соблюдении законодательства РФ об охране труда, а также иных нормативных правовых актов, утвержденных постановлением Правительства РФ от 23 мая 2000 года N 399 "О нормативных правовых актах, содержащих государственные нормативные требования охраны труда".

Организации, разрабатывающие и утверждающие проекты организации строительства (ПОС) и проекты производства работ (ППР), должны предусматривать в них решения по безопасности труда. Осуществление работ без ПОС и ППР, содержащих указанные решения, не допускается.

В соответствии с действующим законодательством обязанности по обеспечению безопасных условий охраны труда при производстве работ возлагаются на работодателя.

Работники, занятые работами в условиях действия опасных или вредных производственных факторов, должны в обязательном порядке проходить медицинские осмотры в соответствии с законодательством в порядке, установленном приказом Минздрава России от 10 декабря 1996 года N 405.

К выполнению работ допускаются лица, не имеющие противопоказаний по возрасту и полу, прошедшие медицинский осмотр и признанные годными к выполнению данных работ, прошедшие обучение безопасным методам и приемам работ, инструктаж по охране труда, стажировку на рабочем месте, а также проверку знаний требований охраны труда.

					Социальная ответственность	Лист
						78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

К работникам, выполняющим работы в условиях действия опасных производственных факторов, связанных с характером работы, предъявляются дополнительные требования безопасности (перечень таких профессий и видов работ должен быть утвержден в организации в соответствии с законодательством).

Проведение работ повышенной опасности (огневых, газоопасных и других, в том числе в случаях ликвидации аварий, инцидентов) разрешается только по наряду-допуску, распоряжению или с записью в журнале учета газоопасных работ, проводимых без наряда-допуска.

При организации труда женщин следует соблюдать установленные для них нормы предельно допустимых нагрузок при подъеме и перемещении тяжестей вручную, утвержденные постановлением Совета Министров - Правительства Российской Федерации от 6 февраля 1993 года N 105, а также ограничения по применению их труда согласно Перечню тяжелых работ и работ с вредными или опасными условиями труда, при выполнении которых запрещается применение труда женщин, утвержденному постановлением Правительства Российской Федерации от 25 февраля 2000 года N 162.

Компоновка рабочей зоны осуществляется в пределах выделенного отвода земель для ликвидации магистрального трубопровода, производственных баз и прочих сооружений. Проектом производства работ должна предусматриваться организация мест отвала грунта, производственных баз, площадок складирования труб и материалов, жилых полевых городков. Также особое место выделяется для хранения отходов. Для организации безопасного движения транспорта создаются удобные подъездные пути к трассе, месту производства работ, производственной базе, площадкам складирования. Проезд техники через действующие коммуникации осуществляется по специальным заранее оборудованным переездам.

					Социальная ответственность	Лист
						79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



## Заключение

В первой части работы были рассмотрены основные факторы, влияющие на безопасность подводных переходов на этапах проектирования, строительства и в процессе эксплуатации. В результате был сделан вывод, что на этапе проектирования основными причинами аварий являются неправильный выбор створа перехода и недостаточное берегоукрепление. Решением данной проблемы может стать ужесточение требований к инженерным изысканиям. Для обеспечения безопасности подводного перехода в процессе строительства необходимо обеспечить тщательный контроль качества на всех этапах работ (сооружение траншеи, укладочные работы и пр.). Также в рамках проведенного исследования представлены типовые расчеты, выполняемые при проектировании подводных трубопроводов – расчет устойчивости трубопровода против всплытия и расчет заносимости подводной траншеи с целью определения возможности осуществления работ методом протаскивания. Расчет заносимости подводной траншеи показал, что при скорости течения 1,1 м/с и глубине траншеи 4 м, интенсивность движения донных наносов слишком велика для того, чтобы укладывать трубопровод методом протаскивания. В результате была рассчитана максимальная скорость течения 0,675 м/с, при которой возможно проведение данного вида работ. Расчет устойчивости трубопровода против всплытия показал, что для обеспечения устойчивости участка трубопровода 1020x10 длиной 150 м необходимо 13 бетонных грузов и 57 анкерных устройств.

Во второй части работы был рассмотрен метод ННБ в качестве способа обеспечения надежности и безопасности подводных переходов. Были выявлены основные преимущества данного метода, а именно: исключение возможности размыва грунта и выхода трубопровода из проектного положения; отсутствие

					Анализ способов обеспечения безопасной работы подводных переходов магистральных трубопроводов				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					
Разраб.		Демченко Е.В.			Заключение	Лит.	Лист	Листов	
Руковод.		Антропова Н.А.					80	97	
Консульт.						Отделение нефтегазового дела гр. 2БМ6Б			
Руковод.ООП		Бурков П.В.							

необходимости в проведении технического обслуживания и ремонта; снижение негативного влияния на окружающую среду. Также был сделан вывод, что сооружение подводного перехода методом ННБ примерно в 2 раза выгоднее, чем строительство перехода траншейным методом, что связано с сокращением сроков работ, требуемого персонала и техники, а также отсутствием эксплуатационных затрат.

В третьей части работы был проведен анализ напряженно-деформированного состояния размытого участка подводного перехода газопровода. Был произведен расчет величины прогиба трубопровода для двух случаев: с учетом внутреннего давления и температурных напряжений и без учета этих воздействий. В результате максимальный прогиб трубопровода, рассчитанный без учета давления и температурных воздействий, оказался примерно в 2 раза меньше, чем прогиб газопровода с учетом эквивалентных сжимающих напряжений, что говорит о необходимости учета этих величин при проведении расчетов.

					Заключение	Лист
						81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## Список публикаций

1. Демченко Е. В. Способы обеспечения безопасной работы подводных переходов магистральных трубопроводов / Е. В. Демченко ; науч. рук. Н. А. Антропова // Проблемы геологии и освоения недр : труды XX Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 4-8 апреля 2016 г. : в 2 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2016. — Т. 2. — [С. 903-905].

2. Демченко Е. В. Подготовка газа на промысле. Принцип расчета вертикального масляного пылеуловителя. Циклонный пылеуловитель (конструкция, принцип действия, алгоритм расчета) / Е. В. Демченко, А. Ю. Травков ; науч. рук. С. Н. Харламов // Проблемы геологии и освоения недр : труды XXI Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М. И. Кучина, Томск, 3-7 апреля 2017 г. : в 2 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2017. — Т. 2. — [С. 707-708].

					Анализ способов обеспечения безопасной работы подводных переходов магистральных трубопроводов			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Демченко Е.В.			Список публикаций	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Антропова Н.А.					82	97
Консульт.						Отделение нефтегазового дела гр. 2БМ6Б		
Руковод.ООП		Бурков П.В.						

## Список используемых источников

1. Бородавкин П. П. Морские нефтегазовые сооружения: Учебник для вузов. Часть 1. Конструирование. - М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2006. - 555 с.
2. Бородавкин П. П. Морские нефтегазовые сооружения: Учебник для вузов. Часть 2. Технология строительства. - М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2007. - 408 с.
3. Бородавкин П. П. Подземные магистральные трубопроводы. - М.: ООО «Издательство «Энерджи Пресс», 2011. - 480 с.
4. Забела К. А. Красков В. А., Москвич В. М. и др. Безопасность пересечения трубопроводами водных преград. - М.: Недра, 2001. - 194 с.
5. Харионовский В. В. Повышение прочности газопроводов в сложных условиях. - Л.: Недра, 1990. - 179 с.
6. Самойлов Б.И., Ким В.И., Зоненко В.И., Кленин В.И. Сооружение подводных переходов. – М.: Недра, 1995.
7. Березин Л.В., Зоненко В.И., Ким Б.И. Методы укладки и обеспечение устойчивости глубоководных трубопроводов. М.: ВНИИЭгазпром, 1988.
8. Березин Л.В., Зоненко В.И., Ким Б.И. Методы оценки надежности магистральных трубопроводов. // Миннефтегазстрой, серия «Линейное трубопроводное строительство», ВНИИСТ, выпуск 1, М.: 1986, С. 36-38.
9. Харионовский В. В., Окопный Ю. А., Радин В. П. Исследование устойчивости подводных переходов газопроводов, имеющих размывы участки // Проблемы надежности газопроводных конструкций. - М.: ВНИИгаз, 1991. - с. 94 - 99.
10. Иванов В.А., Кузьмин С.В. и др. Сооружение подводных переходов магистральных трубопроводов: Курс лекций. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2003. 217 с.

					Анализ способов обеспечения безопасной работы подводных переходов магистральных трубопроводов			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Демченко Е.В.			Список используемых источников	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Антропова Н.А.					83	97
Консульт.						Отделение нефтегазового дела гр. 2БМ6Б		
Руковод.ОП		Бурков П.В.						

11. ВСН 010-88. Строительство магистральных трубопроводов. Подводные переходы. \ Миннефтеазстрой. – М., 1989.
12. ВСН 163-83. Учёт деформаций речных русел и берегов водоёмов в зоне подводных переходов магистральных трубопроводов (нефтегазопроводов). Миннефтегазстрой. Л., Гидрометеиздат, 1985, 144 с.
13. СТО ГУ ГГИ 08.29-2009. Учет руслового процесса на участках подводных переходов трубопроводов через реки. СПб.: Нестор-История, 2009. - 184 с.
14. ОТТ-16.01-60.30.00-КТН-002-1-05. Переходы магистральных нефтепроводов через водные преграды. Общие технические требования к проектированию. М., 2005. – 16 с.
15. СП 108-34-97. Свод правил по сооружению подводных переходов. М., 1997. – 33 с.
16. СП 36.13330.2012. Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85\*. – М.: Госстрой, ФАУ "ФЦС", 2013. – 88 с.
17. СТО Газпром 2-2.1-249-2008. Магистральные трубопроводы. М., 2009.
18. СП 86.13330.2014. Свод правил. Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция. СНиП III-42-80. – М.: РГ-пресс, 2014. – 54 с.
19. Шаммазов А. М., Зарипов Р. М., Чичелов В. А., Коробков Г. Е. Расчет и обеспечение прочности трубопроводов в сложных инженерно-геологических условиях. Том 1. Численное моделирование напряженно-деформированного состояния и устойчивости трубопроводов. - М.: Интер, 2005. - 706 с.
20. Коробков Г. Е., Зарипов Р. М., Шаммазов И. А. Численное моделирование напряженно-деформированного состояния и устойчивости трубопроводов и резервуаров в осложненных условиях эксплуатации. - СПб.: Недра, 2009.-410 с.
21. Мониторинг подводных переходов магистральных трубопроводов на основе НСП. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.morinzhgeologia.ru/download/dpt.pipelines.new.full.info.pdf>  
Дата обращения: 2.04.2018

					Список используемых источников	Лист
						84
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

22. Сайт АО «Транснефть - Диаскан». [Электронный ресурс]: <http://diascan.transneft.ru/> Дата обращения: 12.03.2018
23. ГОСТ Р 51164-98. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии. – М.: Стандартинформ, 1998. – 46 с.
24. Шаммазов А. М., Зарипов Р. М., Чичелов В. А., Коробков Г. Е. Расчет и обеспечение прочности трубопроводов в сложных инженерно-геологических условиях. Том 1. Численное моделирование напряженно-деформированного состояния и устойчивости трубопроводов. - М.: Интер, 2005. - 706 с.
25. Воробьев Ю.Л. Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов / Ю.Л. Воробьев, В.А. Акимов, Ю.И. Соколов. – М.: Ин-октаво, 2005. – 368 с.
26. ГОСТ 12.0.003–2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
27. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
28. ГОСТ 12.1.008-76 Биологическая безопасность. Общие требования.
29. ГОСТ 12.1.018-93 ССБТ. Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования.
30. ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
31. ГОСТ 12.3.009–76 ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности.
32. ГОСТ 12.4.011–89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
33. ГОСТ 12.4.124-83 ССБТ. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования.
34. ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ. Средства коллективной защиты работающих от воздействий механических факторов.
35. ГОСТ 17.1.3.06-82 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.

					Список используемых источников	Лист
						85
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

36. ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.
37. ГОСТ Р ИСО 26000-2012 Руководство по социальной ответственности.
38. ГН 2.1.6.1338-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.
39. Грачев В. А. Средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД): справочник / В.А. Грачев, С.В. Собурь; под ред. Е. А. Мешалкина. – М.: Академия ГПС, 2003. – 232 с.
40. ПБ 10-157-97 Правила устройства и безопасной эксплуатации кранов-трубоукладчиков.
41. РД 153-39.4-056-00. Правила технической эксплуатации магистральных нефтепроводов. – М., 2001. – 120 с.
42. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
43. СанПиН 2.2.4-548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
44. СанПин 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.
45. СНиП 12-03-2001 Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования.
46. СНиП 12-04-2002 Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство.
47. СП 51.13330.2011 Защита от шума.
48. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.
49. Стожаров А.Н. Медицинская экология: учеб пособие / А.Н. Стожаров. – Минск: Выш. шк., 2007. – 368 с.
50. Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.

					Список используемых источников	Лист
						86
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

51. Nader Mohamed, Imad Jawhar, Jameela Al-Jaroodi, Liren Zhang. Monitoring Underwater Pipelines Using Sensor Networks. 12th IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications, 2010, pp. 346 – 353.
52. A.A.Vasiliev , A.V.Pisliakov, A.V.Sokolov, O.V.Polovko, N.N.Samotaev, W.Kujawski, A.Rozicka, V.Guarnieri, L.Lorencelli. Gas Sensor System for the Determination of Methane in Water. EUROSENSORS 2014, the XXVIII edition of the conference series, 2014, pp. 1145 – 1148.

					Список используемых источников	Лист
						87
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



## Приложение Д

### Analysis of ways to ensure safe operation of underwater crossings of main pipelines

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Б	Демченко Екатерина Владимировна		

Консультант отделения ОНД ИШПР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД ИШПР	Антропова Н.А.	к.г.-м.н., доцент		

Консультант – лингвист отделения ОИЯ ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОИЯ ШБИП	Коротченко Т.В.	к.ф.н., доцент		

## **General information on underwater crossings of main pipelines**

The main pipelines, which are laid under the bottom of the water body (the sea, rivers, are called underwater crossings of main pipelines.

In accordance with the normative and technical documentation , the underwater crossings include the line pipe of the main pipeline, which crosses water barriers more than 10 meters wide by a mirror of water in the middle and more than 1,5 meters in depth.

Depending on the methods of production and requirements, the underwater crossing is divided into two sections: underwater (located below the working horizon of the waters) and floodplain (on both banks of the river).

The boundary of a single-pipe underwater transfer of the main pipeline is a section bounded by a high-water horizon no lower than 10% -survey; multi-pipe – a site limited by a stop valve installed on the banks of the reservoir.

Among the main reasons leading to the emergence of emergency situations on underwater crossings of main pipelines, we can distinguish the following:

- premature erosion of the soil around the pipes, which leading to the formation of bare sections of the pipeline and its possible exit from the design position;
- floating of the pipeline due to insufficient loading;
- corrosion processes;
- marriage construction and installation works;
- mechanical damage by anchors of ships;
- manufacturing defects;
- violation of the rules of operation, etc.

At the design stage of the underwater pipeline crossing, decisions are made related to the choice of the crossing range, the type of shore reinforcement, structural features of the pipeline, etc., based on engineering surveys. It is from the completeness of the data obtained during the survey that the reliability of the future pipeline structure depends, since incomplete or erroneous data (insufficient

knowledge of the river channel process, coastal deformations, etc.) can lead to premature erosion of the pipeline.

In the process of construction, an initial level of quality of the underwater pipeline is formed, which largely determines its behavior during operation and the period of accident-free operation. Unaccounted loads during pipeline laying (increase in buoyancy force due to thinning of the ground, temperature difference) can also lead to loss of stabilization of the position of the underwater pipeline.

During the operation of the pipeline, the main task is to maintain the quality of the pipeline system during the entire service life through the maintenance and repair system, as well as the timely elimination of accidents and their consequences.

### **Monitoring of the technical state of underwater pipelines**

To ensure trouble-free operation of pipelines in service, a geophysical survey of underwater oil and gas pipeline crossings is used. Qualitative surveys and analysis of their results contribute to more effective and reliable planning of repair and maintenance work on the crossings, leads to an increase in the safety of such facilities and to a reduction in the costs of ensuring their safe operation.

Underwater transitions of main pipelines carry out the following types of surveys:

- monitoring of technical condition of underwater transitions (routine surveys);
- technical supervision of the repair work on the crossings;
- quality control of underwater technical works;
- engineering surveys for underpasses under construction.

A set of methods for monitoring underwater transitions is presented in Table A1 [1].

Table A1 – Methods and tasks to be performed in the monitoring of underwater pipelines

Methods	Solved problems
Echosounder	Bathymetric survey of the water area
Continuous seismoacoustic profiling	Determination of the planned altitude position of the pipeline; Direct observation of stripping and sagging; Determination of the height of stripping and sagging; Identifying dangerous or unfavorable near-bottom sites
Electromagnetic tracing methods	Determination of the planned altitude position of the pipeline; Indirect definition of under-deepening, stripping, sagging (according to the difference in the marks of the ground and the top of the pipe); Determination of the state of corrosion protection
Electrometry of the near-surface water layer	Determination of the state of corrosion protection of the dyke, cathode protection current leakage areas, cathodic protection efficiency
Sonar lateral view	Direct observation of exposed and sagging pipeline sections; Clear evidence of their availability; Clarify their coordinates; Determination of the height of stripping and sagging; Control of the state of ballasting of a bare baffle; Shooting of the bottom reinforcement; Identifying dangerous or unfavorable near-bottom sites
Underwater video recording	Visual confirmation of exposed and sagging sections of the wall; Checking the condition of the dredging structures; Identifying dangerous or unfavorable near-bottom sites
Coastal geodetic survey	Shooting of coastal areas and bank protection structures

Also in the course of the research, a review of foreign literature sources was conducted, which addresses the problem of safe operation of underwater oil and gas pipelines.

In the article "Monitoring Underwater Pipelines Using Sensor Networks" [2], sensor networks that can be designed to control and manage the pipeline infrastructure are considered.

Most planned and existing underwater oil and gas pipelines are considered important infrastructures for economic stability and growth. Having a reliable monitoring and control system for these infrastructures can greatly assist in verifying and saving them. One of the main ways to monitor the state of underwater pipelines is the use of network sensors.

The proposed network monitoring sensors solve the following tasks:

- provide communication media for data acquisition,
- video monitoring,
- control and command systems.

The effectiveness of the sensors is determined on the basis of three reliability factors:

1. The connectivity of the network: since the pipeline network extends linearly, it is important for the network to be continuously connected to transfer information from the sensors distributed across the pipeline to the control station.

2. The continuity of power supply: pipeline networks will not be able to operate unless there is sufficient power supply available continuously. Power is needed not only to operate the network but also to operate the sensor nodes.

3. The physical network security: pipelines are usually considered important infrastructures. Devices or networks monitoring these infrastructures must be physically secured. Otherwise, the monitoring systems will fail easily and the pipelines will not be appropriately protected.

There are the following types of network sensors:

- underwater wired sensor networks,
- underwater acoustic wireless sensor networks,
- RF (Radio Frequency) wireless sensor networks,
- integrated wired/acoustic wireless sensor network,
- integrated wired/RF wireless sensor networks.

Underwater wired sensor networks are considered to be a traditional method of communication in piping systems and are copper or fiber optic cables connected to

conventional sensing devices that measure specific attributes such as flow velocity, pressure, temperature, sound, vibration, motion and other important attributes. Power for pipeline resources and networks can be provided by various sources: pipeline flow energy or other external energy. This method is easy to install, but if there is damage in any part of the network wires, the pipelining system will be completely or partially damaged. To improve the reliability of a wired network, it is possible to use several networks that expand across the entire area. One of these networks will be used as the others are stored as a backup.

Underwater acoustic wireless sensor networks are nodes of an acoustic sensor installed with an underwater pipeline infrastructure. Each node has a limited transfer capability, with which each node can interact with several neighboring nodes. Each sensor assembly for monitoring pipelines is usually equipped with an acoustic transceiver, processor, battery, memory and small storage in addition to one or more sensors of the device. Data exchange occurs due to the use of several hosts information found among the underwater pipeline. The main advantage of such networks is that wireless sensor networks can work even when some nodes are disabled. Errors in sensor nodes can easily be transferred by using other available nodes to cover the faulty ones. Using dense sensor networks with a high number of nodes and/or using wide acoustic transmission range, the network can maintain connectivity and the sensed information can be transported through the network to its destination even with the existence of some node failures. The drawbacks of this method include limited available bandwidth and a high delay in the propagation of acoustic signals under water.

RF wireless sensor networks use radio frequency. Each sensor unit is connected to the buoy surface via a cable. On the surface buoys, radio receivers are available. As a result, nodes can radio frequency channels that provide better communication bandwidth, propagation delay, error rate and connectivity, as well as lower power consumption for signal communication processing compared to an underwater acoustic wireless sensor network. In addition, surface buoys can be equipped with solar energy to provide energy for sensors and communication

devices. The disadvantage of this system is that floating buoys and their cables can be damaged by passing ships.

The architecture in this system of integrated wired / acoustical wireless sensor networks consists of several two-point segments (Figure A1). These segments connect the nodes of the system. Each node is connected to an acoustic transceiver and a wired network interface. The sensor nodes also consist of a processor, memory and memory. The nodes are connected via wireless acoustic and wired communication. Wires are used for networks and for power transfer to nodes. Unlike fully wireless systems, the nodes in this architecture have rechargeable batteries that are charged by the received power through the connected wires.

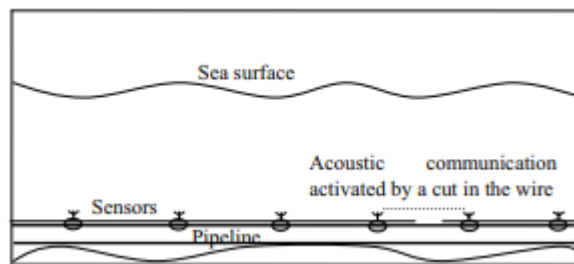


Figure A1 – Integrated wired/acoustic wireless sensor network

In system of Integrated Wired/Wireless Sensor Networks the architecture include a buoy equipped with a radio transceiver, which is released when there is a cut or fault in the wire connecting a pair of nodes as shown in Figure 6. The buoys are attached to the nodes and they only float on the surface if there is a need for them. The transceivers on the floating buoys are activated to provide communication and connectivity among them thus replacing the broken link underwater. This architecture provides better physical security protection than the RF wireless sensor network architecture as the buoys will not appear unless there is a problem with the wired connections. In addition, only sparse pairs of buoys will be deployed at a time thus they will not reveal the full location or spread of the pipelines.

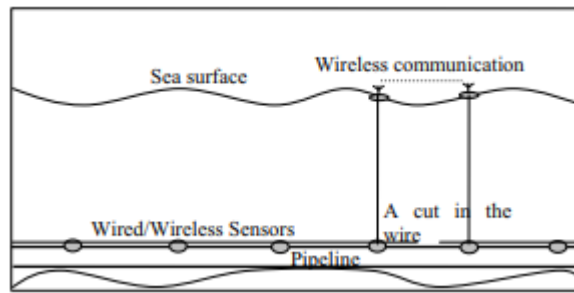


Figure A2 – Integrated wired/RF wireless sensor network.

Thus, it can be concluded that the sensor network architectures for monitoring underwater pipeline mentioned in this paper provide different advantages for different objectives and requirements. Wired sensor networks usually provide higher communication bandwidth than wireless sensor networks and underwater acoustic sensor networks. Hence wired networks can be used for pipeline monitoring applications that demand high bandwidth such as camera-based monitoring. On the other hand, wireless/acoustic networks provide better reliability for pipeline monitoring applications such as sudden damages detection. These applications are event based applications that do not need high communication bandwidth.

Events occur only if there are exceptions discovered by the sensors which they need to communicate. The integrated wired/RF wireless network and integrated wired/acoustic wireless network architectures can provide reasonable bandwidth as well as good reliability for event-based applications even if some parts of the network are damaged.

The article «Gas Sensor System for the Determination of Methane in Water» [3] deals with the method of controlling gas leaks for underwater pipelines.

In the process of construction and operation of underwater pipelines, it is necessary to ensure the safety of pipeline systems, including the control of methane leakage. Also the determination of the concentration of hydrocarbons in water is very important in geological exploration, where the measurement of the concentration of hydrocarbons on the surface is necessary to distinguish between oil and gas fields.

Recently, existing methods for determining the concentration of gas dissolved in water require a sampling procedure by degassing water or solvent extraction,



which takes a long time. As a solution to the problem, a method is proposed for express monitoring of methane leaks. The reported system consists of metal oxide gas sensor separated from water by hydrophobic pervaporation membrane. Methane MEMS sensor was based on multilayer  $\text{SiO}_2/\text{Si}_3\text{N}_4$  film equipped with platinum heater and coated with sensing layer made of nanoparticle  $\text{SnO}_2/\text{Pd}$  (3 wt. %). Methane saturation of water leads to a decrease in sensor resistance by a factor of 6 – 7, the response time of the system is of 200–300 s.

The proposed system consists of gas sensor placed into 30-ml Teflon gas chamber and pervaporation membrane separating gas chamber from 260 ml glass cylinder filled with water. The pervaporation membrane was glued to glass cylinder with silicon sealing material. During the experiment, it was possible to saturate water in glass cylinder (water volume was of ~ 100 ml) with natural gas, gas-air mixtures, or purge water by bubbling air through it. Gas chamber was purged from methane by natural diffusion or by air flow. The scheme is presented in figure 3.

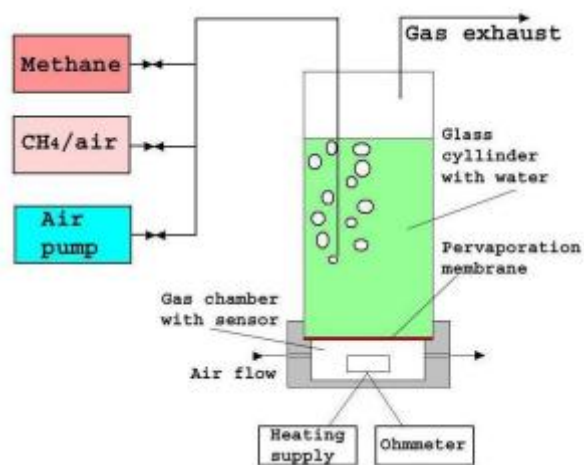


Figure A3 – Scheme of the setup used for the measurement of the concentration of methane dissolved in water

The introduction of methane into air in upper part of the glass cylinder leads to fast sensor response due to gas diffusion through membrane. Higher porosity of hydrophobised membrane leads to the acceleration of the response of sensor. The saturation of water with methane (0.022 g of methane per liter of water at 200 C) leads to a decrease in resistance of semiconductor sensing layer by a factor of 6 – 7. In this experiment, gas – water mixture was intermixed by gas bubbling. Response

time of the sensor for both PDMS and hydrophobized TiO<sub>2</sub> membranes is of 200–300 s. This response time corresponds to the superposition of three processes: the saturation of water with methane, the permeation equilibrium between gas – water solution and methane – air mixture in gas chamber, and the response time of the sensor. Response time of methane sensor itself is of about 2 – 3 s. At the same time, gas exchange through the permeation membrane is also relatively fast process. Therefore the main contribution to the response time of the system is related with the diffusion in boundary layer of water.